

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-236253

(P2002-236253A)

(43) 公開日 平成14年8月23日 (2002.8.23)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード (参考)
G 0 2 B 13/00		G 0 2 B 13/00	2 G 0 6 5
G 0 1 J 1/04		G 0 1 J 1/04	G 2 H 0 4 9
G 0 2 B 5/18		G 0 2 B 5/18	2 H 0 8 7
13/18		13/18	5 D 1 1 9
G 1 1 B 7/125		G 1 1 B 7/125	B

審査請求 未請求 請求項の数93 O L (全 68 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-306747(P2001-306747)

(22) 出願日 平成13年10月2日 (2001.10.2)

(31) 優先権主張番号 特願2000-330025(P2000-330025)

(32) 優先日 平成12年10月30日 (2000.10.30)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願2000-371330(P2000-371330)

(32) 優先日 平成12年12月6日 (2000.12.6)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000001270

コニカ株式会社

東京都新宿区西新宿1丁目26番2号

(72) 発明者 木村 徹

東京都八王子市石川町2970番地 コニカ株式会社内

(72) 発明者 森 伸芳

東京都八王子市石川町2970番地 コニカ株式会社内

(74) 代理人 100107272

弁理士 田村 敬二郎 (外1名)

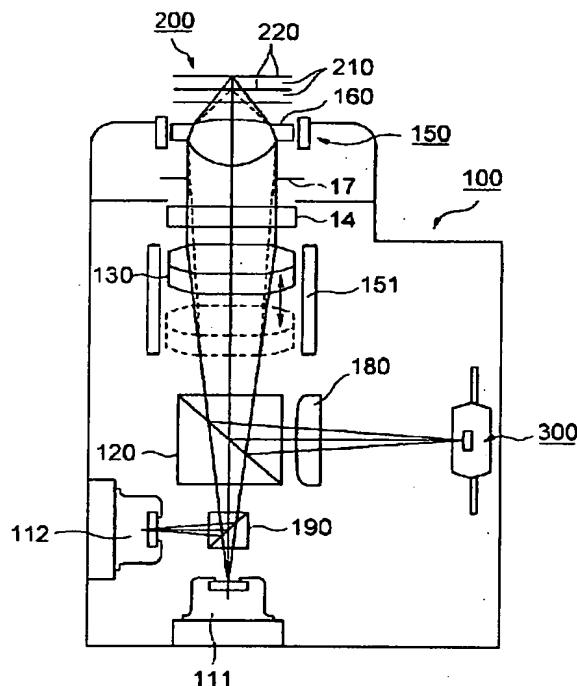
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 対物レンズ、集光光学系、光ピックアップ装置及び記録・再生装置

## (57) 【要約】

【課題】 高開口数及び短波長に対応可能で軽量で安価であり、軸上色収差が良好に補正された光情報記録媒体の記録または再生用の対物レンズを提供する。レーザ光源の発振波長変化、温度・湿度変化、光情報記録媒体の透明基板の厚みの誤差等に起因して光ピックアップ装置の各光学面で発生する球面収差の変動を簡易な構成で効果的に補正できる集光光学系及び光ピックアップ装置を提供する。透明基板厚みの異なる複数の光情報記録媒体に対して情報の記録または再生のための対物レンズ、集光光学系及び光ピックアップ装置を提供する。

【解決手段】 この対物レンズは、光情報記録媒体の記録および/または再生用で少なくとも1面に輪帯状の回折構造を有し、少なくとも1面が非球面であって、プラスチック材料から形成された単玉レンズであり、次式のいずれかを満たす。 $NA \geq 0.7$ 、 $\lambda \leq 500 \text{ nm}$ 、 $5.0 \leq fD/f \leq 40.0$ 、 $0.03 \leq \lambda \cdot f \cdot \Sigma (n_i / (M_i \cdot P_i^2)) \leq 0.70$



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、前記対物レンズは、光学プラスチック材料から形成され、少なくとも1つの面が非球面となされた単玉レンズであって、少なくとも1つの面上に輪帯状の回折構造が形成され、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$NA \geq 0.7$$

ただし、NA：光情報記録媒体に記録および／または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【請求項2】 両面が非球面となされたことを特徴とする請求項1に記載の対物レンズ。

【請求項3】 次式を満たすことを特徴とする請求項1または2に記載の対物レンズ。

$$0.0 \leq fD/f \leq 65.0$$

ただし、fD：第i面上に形成された、前記回折構造により透過波面に付加される光路差を、

$$\Phi_{bi} = n_i \cdot (b_{2i} \cdot h_i^2 + b_{4i} \cdot h_i^4 + b_{6i} \cdot h_i^6 + \dots)$$

により定義される光路差関数で表す場合に（ここで、n<sub>i</sub>は、前記第i面上に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量を有する回折光の回折次数、h<sub>i</sub>は光軸からの高さ（mm）、b<sub>2i</sub>、b<sub>4i</sub>、b<sub>6i</sub>、・・・はそれぞれ2次、4次、6次、・・・の光路差関数係数（回折面係数ともいう）である）、  
fD=1/Σ(-2・n<sub>i</sub>・b<sub>2i</sub>)により定義される回折構造のみの焦点距離（mm）

f：屈折パワーと前記回折構造による回折パワーとを合わせた対物レンズ全系の焦点距離（mm）

【請求項4】 前記回折構造において、第i面上に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量をもつ回折光の次数をn<sub>i</sub>、第i面上に形成された回折構造の輪帯数をM<sub>i</sub>、第i面上に形成された回折構造の輪帯間隔の最小値をP<sub>i</sub>（mm）とし、対物レンズ全系の焦点距離をf（mm）とし、使用波長をλ（mm）としたとき、次式を満たすことを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$0.03 \leq \lambda \cdot f \cdot \Sigma (n_i / (M_i \cdot P_i^2)) \leq 0.70$$

【請求項5】 光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、前記対物レンズは、光学プラスチック材料から形成され、少なくとも1つの面が非球面となされた単玉レンズであって、少なくとも1つの面上に輪帯状の回折構造が形成され、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$\lambda \leq 500 \text{ nm}$$

ただし、λ：光情報記録媒体に記録および／または再生を行うのに使用する波長

【請求項6】 両面が非球面となされたことを特徴とする請求項5に記載の対物レンズ。

2

【請求項7】 次式を満たすことを特徴とする請求項5または6に記載の対物レンズ。

$$0.0 \leq fD/f \leq 65.0$$

ただし、fD：第i面上に形成された、前記回折構造により透過波面に付加される光路差を、

$$\Phi_{bi} = n_i \cdot (b_{2i} \cdot h_i^2 + b_{4i} \cdot h_i^4 + b_{6i} \cdot h_i^6 + \dots)$$

により定義される光路差関数で表す場合に（ここで、n<sub>i</sub>は、前記第i面上に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量を有する回折光の回折次数、h<sub>i</sub>は光軸からの高さ（mm）、b<sub>2i</sub>、b<sub>4i</sub>、b<sub>6i</sub>、・・・はそれぞれ2次、4次、6次、・・・の光路差関数係数（回折面係数ともいう）である）、  
fD=1/Σ(-2・n<sub>i</sub>・b<sub>2i</sub>)により定義される回折構造のみの焦点距離（mm）

f：屈折パワーと前記回折構造による回折パワーとを合わせた対物レンズ全系の焦点距離（mm）

【請求項8】 前記回折構造において第i面の回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量をもつ回折光の次数をn<sub>i</sub>、第i面の輪帯数をM<sub>i</sub>、輪帯間隔の最小値をP<sub>i</sub>（mm）とし、対物レンズ全系の焦点距離をf（mm）とし、使用波長をλ（mm）としたとき、次式を満たすことを特徴とする請求項5～7のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$0.03 \leq \lambda \cdot f \cdot \Sigma (n_i / (M_i \cdot P_i^2)) \leq 0.70$$

【請求項9】 光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、前記対物レンズは、光学プラスチック材料から形成され、少なくとも1つの面が非球面となされた単玉レンズであって、少なくとも1つの面上に輪帯状の回折構造が形成され、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$0.0 \leq fD/f \leq 40.0$$

ただし、fD：第i面上に形成された、前記回折構造により透過波面に付加される光路差を、

$$\Phi_{bi} = n_i \cdot (b_{2i} \cdot h_i^2 + b_{4i} \cdot h_i^4 + b_{6i} \cdot h_i^6 + \dots)$$

により定義される光路差関数で表す場合に（ここで、n<sub>i</sub>は、前記第i面上に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量を有する回折光の回折次数、h<sub>i</sub>は光軸からの高さ（mm）、b<sub>2i</sub>、b<sub>4i</sub>、b<sub>6i</sub>、・・・はそれぞれ2次、4次、6次、・・・の光路差関数係数（回折面係数ともいう）である）、  
fD=1/Σ(-2・n<sub>i</sub>・b<sub>2i</sub>)により定義される回折構造のみの焦点距離（mm）

f：屈折パワーと前記回折構造による回折パワーとを合わせた対物レンズ全系の焦点距離（mm）

【請求項10】 両面が非球面となされたことを特徴とする請求項9に記載の対物レンズ。

【請求項11】 前記回折構造において、第i面上に形

3

成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量をもつ回折光の次数を $n_i$ 、第 $i$ 面上に形成された回折構造の輪帯数を $M_i$ 、第 $i$ 面上に形成された回折構造の輪帯間隔の最小値を $P_i$  (mm)とし、対物レンズ全系の焦点距離を $f$  (mm)とし、使用波長を $\lambda$  (mm)としたとき、次式を満たすことを特徴とする請求項9または10に記載の対物レンズ。

$$0.03 \leq \lambda \cdot f \cdot \sum (n_i / (M_i \cdot P_i^2)) \leq 0.70$$

【請求項12】 前記回折構造において、第 $i$ 面上に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量をもつ回折光の次数を $n_i$ 、第 $i$ 面上に形成された回折構造の輪帯数を $M_i$ 、第 $i$ 面上に形成された回折構造の輪帯間隔の最小値を $P_i$  (mm)とし、対物レンズ全系の焦点距離を $f$  (mm)とし、使用波長を $\lambda$  (mm)としたとき、

$$0.7 \leq NA \leq 0.85 \text{ のとき、}$$

$$0.03 \leq \lambda \cdot f \cdot \sum (n_i / (M_i \cdot P_i^2)) \leq 0.70$$

を満たし、

$$0.85 < NA \text{ のとき、}$$

$$0.10 \leq \lambda \cdot f \cdot \sum (n_i / (M_i \cdot P_i^2)) \leq 2.50$$

満たすことを特徴とする請求項1～11のいずれか1項に記載の対物レンズ。

【請求項13】 光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、前記対物レンズは、光学プラスチック材料から形成され、少なくとも1つの面が非球面となされた単玉レンズであって、少なくとも1つの面上に輪帯状の回折構造が形成され、前記回折構造において、第 $i$ 面上に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量をもつ回折光の次数を $n_i$ 、第 $i$ 面上に形成された回折構造の輪帯数を $M_i$ 、第 $i$ 面上に形成された回折構造の輪帯間隔の最小値を $P_i$  (mm)とし、対物レンズ全系の焦点距離を $f$  (mm)とし、使用波長を $\lambda$  (mm)としたとき、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$0.03 \leq \lambda \cdot f \cdot \sum (n_i / (M_i \cdot P_i^2)) \leq 0.70$$

【請求項14】 次式を満たすことを特徴とする請求項13に記載の対物レンズ。

$$0.10 \leq \lambda \cdot f \cdot \sum (n_i / (M_i \cdot P_i^2)) \leq 0.65$$

【請求項15】 次式を満たすことを特徴とする請求項14に記載の対物レンズ。

$$0.20 \leq \lambda \cdot f \cdot \sum (n_i / (M_i \cdot P_i^2)) \leq 0.60$$

【請求項16】 両面が非球面となされたことを特徴とする請求項13～15のいずれか1項に記載の対物レンズ。

4

【請求項17】 光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、前記対物レンズは、光学プラスチック材料から形成され、少なくとも1つの面が非球面となされた単玉レンズであって、両面上に輪帯状の回折構造が形成され、前記回折構造において第 $i$ 面上に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量をもつ回折光の次数を $n_i$ 、第 $i$ 面上に形成された回折構造の輪帯数を $M_i$ 、第 $i$ 面上に形成された回折構造の輪帯間隔の最小値を $P_i$  (mm)とし、対物レンズ全系の焦点距離を $f$  (mm)とし、使用波長を $\lambda$  (mm)としたとき、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$0.10 \leq \lambda \cdot f \cdot \sum (n_i / (M_i \cdot P_i^2)) \leq 3.00$$

【請求項18】 次式を満たすことを特徴とする請求項17に記載の対物レンズ。

$$0.20 \leq \lambda \cdot f \cdot \sum (n_i / (M_i \cdot P_i^2)) \leq 2.50$$

【請求項19】 次式を満たすことを特徴とする請求項17または18に記載の対物レンズ。

$$2.0 \leq f_D / f \leq 30.0$$

ただし、 $f_D$ ：第 $i$ 面上に形成された、前記回折構造により透過波面に付加される光路差を、

$$\Phi_{bi} = n_i \cdot (b_{2i} \cdot h_i^2 + b_{4i} \cdot h_i^4 + b_{6i} \cdot h_i^6 + \dots)$$

により定義される光路差関数で表す場合に（ここで、 $n_i$ は、前記第 $i$ 面上に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量をもつ回折光の回折次数、 $h_i$ は光軸からの高さ (mm)、 $b_{2i}$ 、 $b_{4i}$ 、 $b_{6i}$ 、 $\dots$ はそれぞれ2次、4次、6次、 $\dots$ の光路差関数係数（回折面係数ともいう）である）、 $f_D = 1 / \sum (-2 \cdot n_i \cdot b_{2i})$ により定義される回折構造のみの焦点距離 (mm)

$f$ ：屈折パワーと前記回折構造による回折パワーとを合わせた対物レンズ全系の焦点距離 (mm)

【請求項20】 両面が非球面となされたことを特徴とする請求項17～19のいずれか1項に記載の対物レンズ。

【請求項21】 両面が非球面となされ、次式を満たすことを特徴とする請求項1～20のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$0.35 < (X1 - X2) \cdot (N - 1) / (NA \cdot f) < 0.55$$

ただし、 $X1$ ：光軸に垂直で光源側の面の頂点に接する平面と、有効径最周辺（上記 $NA$ のマージナル光線が入射する光源側の面上の位置）における光源側の面との光軸方向の差 (mm)で、上記接平面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする。

$X2$ ：光軸に垂直で光情報記録媒体側の面の頂点に接す

5

る平面と、有効径最周辺（上記NAのマージナル光線が入射する光情報記録媒体側の面上の位置）における光情報記録媒体側の面との光軸方向の差（mm）で、上記接平面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする。

N：前記対物レンズの使用波長における屈折率

f：前記対物レンズの全系の焦点距離（mm）

【請求項22】 次式を満たすことを特徴とする請求項21に記載の対物レンズ。

$$0.39 < (X1 - X2) \cdot (N - 1) / (NA \cdot f) < 0.52 \quad 10$$

【請求項23】 光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、前記対物レンズは、両面が非球面となされた単玉レンズであって、少なくとも1つの面上に輪帯状の回折構造が形成され、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$0.75 < NA < 0.95$$

$$0.39 < (X1 - X2) \cdot (N - 1) / (NA \cdot f) < 0.52$$

X1：光軸に垂直で光源側の面の頂点に接する平面と、有効径最周辺（上記NAのマージナル光線が入射する光源側の面上の位置）における光源側の面との光軸方向の差（mm）で、上記接平面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする。

X2：光軸に垂直で光情報記録媒体側の面の頂点に接する平面と、有効径最周辺（上記NAのマージナル光線が入射する光情報記録媒体側の面上の位置）における光情報記録媒体側の面との光軸方向の差（mm）で、上記接平面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする。

N：前記対物レンズの使用波長における屈折率

f：前記対物レンズの全系の焦点距離（mm）

【請求項24】 次式を満たすことを特徴とする請求項23に記載の対物レンズ。

$$2.0 \leq fD / f \leq 65.0$$

ただし、fD：第i面上に形成された、前記回折構造により透過波面に付加される光路差を、

$$\Phi_{bi} = n_i \cdot (b_{2i} \cdot h_i^2 + b_{4i} \cdot h_i^4 + b_{6i} \cdot h_i^6 + \dots)$$

により定義される光路差関数で表す場合に（ここで、 $n_i$ は、前記第i面上に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量を有する回折光の回折次数、 $h_i$ は光軸からの高さ（mm）、 $b_{2i}$ 、 $b_{4i}$ 、 $b_{6i}$ 、 $\dots$ はそれぞれ2次、4次、6次、 $\dots$ の光路差関数係数（回折面係数ともいう）である）、

fD=1/Σ(-2・ $n_i$ ・ $b_{2i}$ )により定義される回折構造のみの焦点距離（mm）

f：屈折パワーと前記回折構造による回折パワーとを合わせた対物レンズ全系の焦点距離（mm）

6

【請求項25】 前記回折構造において、第i面上に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量をもつ回折光の次数を $n_i$ 、第i面上に形成された回折構造の輪帯数を $M_i$ 、第i面上に形成された回折構造の輪帯間隔の最小値を $P_i$ （mm）とし、対物レンズ全系の焦点距離をf（mm）とし、使用波長をλ（mm）としたとき、次式を満たすことを特徴とする請求項23または24に記載の対物レンズ。

$$0.03 \leq \lambda \cdot f \cdot \Sigma (n_i / (M_i \cdot P_i^2)) \leq 3.00$$

【請求項26】 両面上に輪帯状の回折構造が形成されたことを特徴とする請求項23～25のいずれか1項に記載の対物レンズ。

【請求項27】 前記対物レンズの色収差が次式を満たすことを特徴とする請求項1～25のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$|\Delta f B \cdot NA^2| \leq 0.25 \mu m$$

ただし、 $\Delta f B$ ：前記光源の波長が+1nm変化したときの、前記対物レンズの焦点位置の変化（μm）

【請求項28】 次式を満たすことを特徴とする請求項1～27のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$-200 \leq b_{4i} \cdot h_{imax}^4 / (\lambda \cdot f \cdot NA^4) \leq -5$$

ただし、

$b_{4i}$ ：第i面上に形成された、前記回折構造により透過波面に付加される光路差を、

$$\Phi_{bi} = n_i \cdot (b_{2i} \cdot h_i^2 + b_{4i} \cdot h_i^4 + b_{6i} \cdot h_i^6 + \dots)$$

により定義される光路差関数で表す場合に（ここで、 $n_i$ は、前記第i面上に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量を有する回折光の回折次数、 $h_i$ は光軸からの高さ（mm）、 $b_{2i}$ 、 $b_{4i}$ 、 $b_{6i}$ 、 $\dots$ はそれぞれ2次、4次、6次、 $\dots$ の光路差関数係数（回折面係数ともいう）である）、の4次の光路差関数係数

$h_{imax}$ ：第i面の有効径の最大高さ（mm）

【請求項29】 次式を満たすことを特徴とする請求項1～28のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$0.4 \leq |(Ph / Pf) - 2| \leq 25.0$$

ただし、Pf：光情報記録媒体に記録および／または再生を行うのに必要な所定の像側開口数における回折輪帯間隔（mm）

Ph：光情報記録媒体に記録および／または再生を行うのに必要な所定の像側開口数の1/2の開口数における回折輪帯間隔（mm）

【請求項30】 前記光源の波長が+10nm変化したときのマージナル光線の球面収差の変化量を $\Delta SA$ （μm）としたとき、次式を満たすことを特徴とする請求項1～29のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$|\Delta SA| \leq 1.5$$

【請求項31】 回折レンズとしての回折作用と屈折レンズとしての屈折作用とを合わせた場合、光源の波長が長波長側にシフトした際に、バックフォーカスが短くなる方向に変化するような軸上色収差特性を有し、次式を満たすことを特徴とする請求項1～30のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$-1 < \Delta C A / \Delta S A < 0$$

ただし、

$\Delta C A$  : 波長の変化に対する軸上色収差の変化量 (mm)

$\Delta S A$  : 波長の変化に対するマージナル光線の球面収差の変化量 (mm)

【請求項32】 次式を満たすことを特徴とする請求項1～31のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$t \leq 0.6 \text{ mm}$$

$$\lambda \leq 500 \text{ nm}$$

ただし、

$t$  : 光情報記録媒体の情報記録面を保護する透明基板の厚さ

$\lambda$  : 光源の波長

【請求項33】 前記回折構造で発生する $n$ 次回折光量が他のいずれの次数の回折光量よりも大きく、前記対物レンズは、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および/または再生するために回折構造で発生した $n$ 次回折光を光情報記録媒体の情報記録面に集光することができることを特徴とする請求項1～32のいずれか1項に記載の対物レンズ。ここで、 $n$ は0、 $\pm 1$ 以外の整数である。

【請求項34】 前記回折構造のうち、少なくとも1つの面上に形成された回折構造は、 $n$ を0、 $\pm 1$ 以外の整数としたとき、該回折構造で発生する回折光のうち、 $n$ 次回折光の回折光量が他のいずれの次数の回折光の回折光量よりも大きくなるように各回折輪帯の光軸方向の段差量が決定されていることを特徴とする請求項1～33のいずれか1項に記載の対物レンズ。

【請求項35】 飽和吸水率が0.5%以下である材料から形成されていることを特徴とする請求項1～34のいずれか1項に記載の対物レンズ。

【請求項36】 使用波長領域で厚さが3mmにおける内部透過率が85%以上である材料から形成されていることを特徴とする請求項1～35のいずれか1項に記載の対物レンズ。

【請求項37】 前記対物レンズの球面収差のうち、3次の球面収差成分を $S A 1$ 、5次、7次及び9次の球面収差成分の和を $S A 2$ としたとき、次式を満たすことを特徴とする請求項1～36のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$|S A 1 / S A 2| > 1.0$$

ただし、

$S A 1$  : 収差関数をツェルニケ (Zernike) の多項式に

展開したときの3次の球面収差成分

$S A 2$  : 収差関数をツェルニケ (Zernike) の多項式に展開したときの5次の球面収差成分と7次の球面収差成分と9次の球面収差成分との2乗和の平方根

【請求項38】 光源と、前記光源から出射された発散光の発散角を変えるカップリングレンズと、このカップリングレンズを介した光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面に集光させる対物レンズと、を含む光情報記録媒体の記録および/または再生用の集光光学系であって、

10 前記集光光学系は少なくとも1面に輪帯状の回折構造を有し、

前記カップリングレンズは光軸方向に沿って変移することで前記集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする集光光学系。

【請求項39】 前記回折構造は前記対物レンズで発生する色収差を補正することを特徴とする請求項38に記載の集光光学系。

【請求項40】 前記カップリングレンズは前記対物レンズで発生する色収差を補正する機能を有することを特徴とする請求項38または39に記載の集光光学系。

【請求項41】 前記カップリングレンズは相対的にアッペ数の大きい正レンズと、相対的にアッペ数の小さい負レンズとを接合した1群2枚構成であることを特徴とする請求項40に記載の集光光学系。

【請求項42】 前記カップリングレンズは少なくとも1面に輪帯状の回折構造を有する単玉レンズであることを特徴とする請求項40に記載の集光光学系。

【請求項43】 前記カップリングレンズと前記対物レンズとの合成系の色収差が次式を満たすことを特徴とする請求項38～42のいずれか1項に記載の集光光学系。

$$|\Delta f B \cdot N A^2| \leq 0.25 \mu \text{ m}$$

ただし、 $\Delta f B$  : 前記光源の波長が+1nm変化したときの合成系の焦点位置の変化 ( $\mu \text{ m}$ )

【請求項44】 次式を満たすことを特徴とする請求項38～43のいずれか1項に記載の集光光学系。

$$N A \geq 0.65$$

$$t \leq 0.6 \text{ mm}$$

$$40 \quad \lambda \leq 500 \text{ nm}$$

ただし、 $N A$  : 光情報記録媒体に記録および/または再生を行うのに必要な所定の対物レンズの像側開口数

$t$  : 光情報記録媒体の透明基板の厚さ

$\lambda$  : 光源の波長

【請求項45】 前記回折構造で発生する $n$ 次回折光量が他のいずれの次数の回折光量よりも大きく、前記集光光学系は、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および/または再生するために回折構造で発生した $n$ 次回折光を光情報記録媒体の情報記録面に集光することができることを特徴とする請求項38～44のいずれか1項に

記載の集光光学系。ここで、 $n$ は0、 $\pm 1$ 以外の整数である。

【請求項46】 前記対物レンズは請求項1～37のいずれか1項に記載の対物レンズであることを特徴とする請求項38～45のいずれか1項に記載の集光光学系。

【請求項47】 前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで、前記光源の発振波長の微少な変動に起因して集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする請求項38～46のいずれか1項に記載の集光光学系。

【請求項48】 前記対物レンズは少なくとも1枚のプラスチック材料から形成されたレンズを含み、前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで温湿度変化に起因して集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする請求項38～46のいずれか1項に記載の集光光学系。

【請求項49】 前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで前記光情報記録媒体の透明基板の厚さの微少な変動に起因して集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする請求項38～46のいずれか1項に記載の集光光学系。

【請求項50】 前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで、前記光源の発振波長の微少な変動、温湿度変化、及び前記光情報記録媒体の透明基板の厚さの微少な変動のうち少なくとも2つ以上の組み合わせに起因して集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする請求項38～49のいずれか1項に記載の集光光学系。

【請求項51】 前記集光光学系の球面収差がオーバー側に変動するときは、前記カップリングレンズは、球面収差が変動する前に比して、前記対物レンズとの間隔を増加させるように光軸方向に沿って変移し、前記集光光学系の球面収差がアンダー側に変動するときは、前記カップリングレンズは、球面収差が変動する前に比して、前記対物レンズとの間隔を減少させるように光軸方向に沿って変移することで集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする請求項38～50のいずれか1項に記載の集光光学系。

【請求項52】 前記光情報記録媒体は、同一の光束入射面側に透明基板と情報記録層とが交互に複数積層された構造を有し、前記対物レンズを光軸方向に沿って変移することで、上記複数の記録層への情報の記録および／または再生のためにフォーカシングさせ、かつ前記カップリングレンズを光軸方向へ変移させることで、前記光束入射面から各情報記録層までの透明基板の厚さの違いによって生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする請求項38～51のいずれか1項に記載の集光光学系。

【請求項53】 光源と、前記光源から出射された発散光の発散角を変えるカップリングレンズと、このカップ

リングレンズを介した光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面に集光させる対物レンズと、を含む集光光学系を備え、前記記録面からの反射光を検出することで前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行う光ピックアップ装置であって、前記光ピックアップ装置は、前記記録面からの反射光を検出するための受光手段と、前記記録面に光束を集光させるために前記対物レンズを駆動させる第1の駆動装置と、を有し、

10 前記カップリングレンズは光軸方向に沿って変移することで前記集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正し、前記記録面からの反射光を検出することで前記記録面上に集光された光束の集光状態を検出し前記カップリングレンズを駆動させる第2の駆動装置を更に有し、前記集光光学系が請求項38～52のいずれか1項に記載の集光光学系であることを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項54】 請求項53に記載の光ピックアップ装置を搭載したことを特徴とする、音声および／または画像の記録装置、および／または、音声および／または画像の再生装置。

【請求項55】 波長の異なる光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズとを含み、複数の種類の光情報記録媒体に対して情報の記録および／または再生が可能な記録再生用の光ピックアップ装置に使用される対物レンズであって、

前記対物レンズは、少なくとも1面に輪帯状の回折面を有し、少なくとも1面が非球面の単玉レンズであり、前記複数の種類の光情報記録媒体のうち、任意の2つの光情報記録媒体の透明基板の厚さを $t_1$ 、 $t_2$  ( $t_1 \leq t_2$ ) とし、

前記透明基板の厚さ $t_1$ を有する光情報記録媒体に対して情報の記録または再生を行う際の波長を $\lambda_1$ とし、前記透明基板の厚さ $t_2$ を有する光情報記録媒体に対して情報の記録または再生を行う際の波長を $\lambda_2$  ( $\lambda_1 < \lambda_2$ ) とし、

波長 $\lambda_1$ の光束により、透明基板の厚さ $t_1$ の光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数を $NA_1$ とし、波長 $\lambda_2$ の光束により、透明基板の厚さ $t_2$ の光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数を $NA_2$  ( $NA_1 \geq NA_2$ ) としたとき、

前記対物レンズは、波長 $\lambda_1$ と透明基板の厚さ $t_1$ と像側開口数 $NA_1$ との組み合わせに対して、その波面収差が $0.07\lambda_1 \text{ rms}$ 以下になるように集光でき、かつ波長 $\lambda_2$ と透明基板の厚さ $t_2$ と像側開口数 $NA_2$ との組み合わせに対して、その波面収差が $0.07\lambda_2 \text{ rms}$ 以下になるように集光でき、

次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$NA1 \geq 0.7$$

ただし、NA1：前記波長のうち短波長側の波長により透明基板の厚さの小さいほうの光情報記録媒体に記録および／または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【請求項56】 両面が非球面であることを特徴とする請求項55に記載の対物レンズ。

【請求項57】 次式を満たすことを特徴とする請求項55または56に記載の対物レンズ。

$$0.5 \leq (f/vd) \cdot fD \leq 10.0$$

ただし、fD：第i面上に形成された、前記回折構造により透過波面に付加される光路差を、

$$\Phi_{bi} = ni \cdot (b_{2i} \cdot hi^2 + b_{4i} \cdot hi^4 + b_{6i} \cdot hi^6 + \dots)$$

により定義される光路差関数で表す場合に（ここで、niは、前記第i面上に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量を有する回折光の回折次数、hiは光軸からの高さ（mm）、b<sub>2i</sub>、b<sub>4i</sub>、b<sub>6i</sub>、・・・はそれぞれ2次、4次、6次、・・・の光路差関数係数（回折面係数ともいう）である）、fD=1/Σ(-2・ni・b<sub>2i</sub>)により定義される回折構造のみの焦点距離（mm）

f：屈折パワーと前記回折構造による回折パワーとを合わせた対物レンズ全系のλ1における焦点距離（mm）  
vd：対物レンズの材料のd線のアッペ数

【請求項58】 次式を満たすことを特徴とする請求項57に記載の対物レンズ。

$$vd \geq 55.0$$

【請求項59】 前記対物レンズの色収差が次式を満たすことを特徴とする請求項57または58に記載の対物レンズ。

$$|\Delta fBi \cdot (NAi)^2| \leq 0.25 \mu m \quad (i=1 \text{ および } 2)$$

ただし、ΔfBi：前記波長λiの光源の波長が+1nm変化したときの、対物レンズの焦点位置の変化（μm）

【請求項60】 次式を満たすことを特徴とする請求項55または56に記載の対物レンズ。

$$-25.0 \leq b_{2i}/\lambda 1 \leq 0.0$$

ただし、λ1：前記波長のうち、短波長側の波長（nm）  
b<sub>2i</sub>：第i面上に形成された、前記回折構造により透過波面に付加される光路差を、

$$\Phi_{bi} = ni \cdot (b_{2i} \cdot hi^2 + b_{4i} \cdot hi^4 + b_{6i} \cdot hi^6 + \dots)$$

により定義される光路差関数で表す場合の2次の光路差関数係数（ここで、niは、前記第i面上に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量を有する回折光の回折次数、hiは光軸からの高さ（mm）、b<sub>2i</sub>、b<sub>4i</sub>、b<sub>6i</sub>、・・・はそれぞれ2次、4次、6次、・・・の光路差関数係数（回折面係数ともい

う）である）。

【請求項61】 波長の異なる光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含み、複数の種類の光情報記録媒体に対して情報の記録および／または再生が可能な記録再生用の光ピックアップ装置に使用される対物レンズであって、

前記対物レンズは、少なくとも1面に輪帯状の回折面を有し、少なくとも1面が非球面の単玉レンズであり、

10 前記複数の種類の光情報記録媒体のうち、任意の2つの光情報記録媒体の透明基板の厚さをt1、t2（t1 ≤ t2）とし、

前記透明基板の厚さt1を有する光情報記録媒体に対して情報の記録または再生を行う際の波長をλ1とし、前記透明基板の厚さt2を有する光情報記録媒体に対して情報の記録または再生を行う際の波長をλ2（λ1 < λ2）とし、

波長λ1の光束により、透明基板の厚さt1の光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数をNA1とし、波長λ2の光束により、透明基板の厚さt2の光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数をNA2（NA1 ≥ NA2）としたとき、

前記対物レンズは、波長λ1と透明基板の厚さt1と像側開口数NA1との組み合わせに対して、その波面収差が0.07λ1rms以下になるように集光でき、かつ波長λ2と透明基板の厚さt2と像側開口数NA2との組み合わせに対して、その波面収差が0.07λ2rms以下になるように集光でき、

20 次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$\lambda 1 \leq 500 \text{ nm}$$

ただし、λ1：前記透明基板の厚さt1を有する光情報記録媒体に対して情報の記録および／または再生を行う際の波長

【請求項62】 両面が非球面であることを特徴とする請求項61に記載の対物レンズ。

【請求項63】 次式を満たすことを特徴とする請求項61または62に記載の対物レンズ。

$$0.5 \leq (f/vd) \cdot fD \leq 10.0$$

40 ただし、fD：第i面上に形成された、前記回折構造により透過波面に付加される光路差を、

$$\Phi_{bi} = ni \cdot (b_{2i} \cdot hi^2 + b_{4i} \cdot hi^4 + b_{6i} \cdot hi^6 + \dots)$$

により定義される光路差関数で表す場合に（ここで、niは、前記第i面上に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量を有する回折光の回折次数、hiは光軸からの高さ（mm）、b<sub>2i</sub>、b<sub>4i</sub>、b<sub>6i</sub>、・・・はそれぞれ2次、4次、6次、・・・の光路差関数係数（回折面係数ともいう）である）、

50 fD=1/Σ(-2・ni・b<sub>2i</sub>)により定義される

回折構造のみの焦点距離 (mm)

$f$  : 屈折パワーと前記回折構造による回折パワーとを合わせた対物レンズ全系の  $\lambda 1$  における焦点距離 (mm)

$vd$  : 対物レンズの材料の  $d$  線のアッペ数

【請求項 6 4】 次式を満たすことを特徴とする請求項 6 3 に記載の対物レンズ。

$$vd \geq 55.0$$

【請求項 6 5】 前記対物レンズの色収差が次式を満たすことを特徴とする請求項 6 3 または 6 4 に記載の対物レンズ。

$$|\Delta fBi \cdot (NAi)^2| \leq 0.25 \mu m \quad (i=1 \text{ および } 2)$$

ただし、 $\Delta fBi$  : 前記波長  $\lambda i$  の光源の波長が  $+1 \text{ nm}$  変化したときの、対物レンズの焦点位置の変化 ( $\mu m$ )

【請求項 6 6】 次式を満たすことを特徴とする請求項 6 1 または 6 2 に記載の対物レンズ。

$$-25.0 \leq b_{2i} / \lambda 1 \leq 0.0$$

ただし、 $\lambda 1$  : 前記波長のうち、短波長側の波長 (mm)

$b_{2i}$  : 第  $i$  面上に形成された、前記回折構造により透過波面に付加される光路差を、

$\Phi_{bi} = ni \cdot (b_{2i} \cdot h_i^2 + b_{4i} \cdot h_i^4 + b_{6i} \cdot h_i^6 + \dots)$  により定義される光路差関数で表す場合の 2 次の光路差関数係数 (ここで、 $ni$  は、前記第  $i$  面上に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量を有する回折光の回折次数、 $h_i$  は光軸からの高さ (mm)、 $b_{2i}$ 、 $b_{4i}$ 、 $b_{6i}$ 、 $\dots$  はそれぞれ 2 次、4 次、6 次、 $\dots$  の光路差関数係数 (回折面係数ともいう) である)。

【請求項 6 7】 波長の異なる光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含み、複数の種類の光情報記録媒体に対して情報の記録および/または再生が可能な記録再生用の光ピックアップ装置に使用される対物レンズであって、

前記対物レンズは、少なくとも 1 面に輪帯状の回折面を有し、少なくとも 1 面が非球面の単玉レンズであり、前記複数の種類の光情報記録媒体のうち、任意の 2 つの情報記録媒体の透明基板の厚さを  $t1$ 、 $t2$  ( $t1 \leq t2$ ) とし、

前記透明基板の厚さ  $t1$  を有する光情報記録媒体に対して情報の記録または再生を行う際の波長を  $\lambda 1$  とし、前記透明基板の厚さ  $t2$  を有する光情報記録媒体に対して情報の記録または再生を行う際の波長を  $\lambda 2$  ( $\lambda 1 < \lambda 2$ ) とし、

波長  $\lambda 1$  の光束により、透明基板の厚さ  $t1$  の光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数を  $NA1$  とし、波長  $\lambda 2$  の光束により、透明基板の厚さ  $t2$  の光情報記録媒体に記録または再生を行うのに

必要な所定の像側開口数を  $NA2$  ( $NA1 \geq NA2$ ) としたとき、

前記対物レンズは、波長  $\lambda 1$  と透明基板の厚さ  $t1$  と像側開口数  $NA1$  との組み合わせに対して、その波面収差が  $0.07 \lambda 1 \text{ rms}$  以下になるように集光でき、かつ波長  $\lambda 2$  と透明基板の厚さ  $t2$  と像側開口数  $NA2$  との組み合わせに対して、その波面収差が  $0.07 \lambda 2 \text{ rms}$  以下になるように集光でき、

次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$10 \quad 0.5 \leq (f/vd) \cdot fD \leq 10.0$$

ただし、 $fD$  : 第  $i$  面上に形成された、前記回折構造により透過波面に付加される光路差を、

$$\Phi_{bi} = ni \cdot (b_{2i} \cdot h_i^2 + b_{4i} \cdot h_i^4 + b_{6i} \cdot h_i^6 + \dots)$$

により定義される光路差関数で表す場合に (ここで、 $ni$  は、前記第  $i$  面上に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量を有する回折光の回折次数、 $h_i$  は光軸からの高さ (mm)、 $b_{2i}$ 、 $b_{4i}$ 、 $b_{6i}$ 、 $\dots$  はそれぞれ 2 次、4 次、6 次、 $\dots$  の光路差関数係数 (回折面係数ともいう) である)、

$$20 \quad fD = 1 / \sum (-2 \cdot ni \cdot b_{2i}) \text{ により定義される回折構造のみの焦点距離 (mm)}$$

$f$  : 屈折パワーと前記回折構造による回折パワーとを合わせた対物レンズ全系の  $\lambda 1$  における焦点距離 (mm)

$vd$  : 対物レンズの材料の  $d$  線のアッペ数

$$vd \geq 55.0$$

【請求項 6 8】 次式を満たすことを特徴とする請求項 6 7 に記載の対物レンズ。

$$|\Delta fBi \cdot (NAi)^2| \leq 0.25 \mu m \quad (i=1 \text{ および } 2)$$

ただし、 $\Delta fBi$  : 前記波長  $\lambda i$  の光源の波長が  $+1 \text{ nm}$  変化したときの、対物レンズの焦点位置の変化 ( $\mu m$ )

【請求項 7 0】 前記波長  $\lambda 2$  の光束を前記透明基板の厚さ  $t2$  を有する光情報記録媒体に対して前記  $NA1$  内で波面収差が  $0.07 \lambda 2$  以上の状態で集光させることを特徴とする請求項 5 5 ~ 6 9 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

【請求項 7 1】 次式を満たすことを特徴とする請求項 5 5 ~ 7 0 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$0.4 \leq |(Ph/Pf) - 2| \leq 10.0$$

ただし、 $Pf$  : 透明基板の厚さ  $t1$  の光情報記録媒体に記録および/または再生を行うのに必要な像側開口数  $NA1$  における回折輪帯間隔 (mm)

$Ph$  :  $NA1$  の  $1/2$  の開口数における回折輪帯間隔 (mm)

50 【請求項 7 2】 プラスチック材料から形成されること



を特徴とする請求項 55～71 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

【請求項 73】 次式を満たすことを特徴とする請求項 55～71 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$t1 \leq 0.6 \text{ mm}$$

$$t2 \geq 0.6 \text{ mm}$$

$$\lambda 1 \leq 500 \text{ nm}$$

$$600 \text{ nm} \leq \lambda 2 \leq 800 \text{ nm}$$

$$NA1 \geq 0.7$$

$$NA2 \leq 0.65$$

【請求項 74】 飽和吸水率が 0.5% 以下である材料から形成されていることを特徴とする請求項 55～73 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

【請求項 75】 使用波長領域で厚さが 3 mm における内部透過率が 85% 以上である材料から形成されていることを特徴とする請求項 55～74 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

【請求項 76】 前記対物レンズの球面収差のうち、3 次の球面収差成分を SA1、5 次、7 次及び 9 次の球面収差成分の和を SA2 としたとき、次式を満たすことを特徴とする請求項 55～75 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$|SA1/SA2| > 1.0$$

ただし、SA1：収差関数をツェルニケ (Zernike) の多項式に展開したときの 3 次の球面収差成分

SA2：収差関数をツェルニケ (Zernike) の多項式に展開したときの 5 次の球面収差成分と 7 次の球面収差成分と 9 次の球面収差成分との 2 乗和の平方根

【請求項 77】 波長の異なる光源と、前記光源から出射された発散光の発散角を変えるカップリングレンズと、このカップリングレンズを介した波長の異なる光源からの光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面に集光させる対物レンズと、を含み、複数の種類の光情報記録媒体に対して情報の記録および/または再生が可能な情報記録再生用の集光光学系であって、前記集光光学系は少なくとも 1 面に輪帯状の回折構造を有し、

前記互いに異なる波長のうち、任意の 2 つの波長を  $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$  ( $\lambda 1 < \lambda 2$ ) とし、

前記複数の種類の光情報記録媒体のうち、任意の 2 つの光情報記録媒体の透明基板の厚さを  $t1$ 、 $t2$  ( $t1 \leq t2$ ) とし、

波長  $\lambda 1$  の光束により、透明基板の厚さ  $t1$  の光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数を NA1 とし、波長  $\lambda 2$  の光束により、透明基板の厚さ  $t2$  の光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数を NA2 ( $NA1 \geq NA2$ ) としたとき、

前記集光光学系は、波長  $\lambda 1$  と透明基板の厚さ  $t1$  と像側開口数 NA1 との組み合わせに対して、その波面収差

が  $0.07 \lambda 1 \text{ rms}$  以下になるように集光でき、かつ波長  $\lambda 2$  と透明基板の厚さ  $t2$  と像側開口数 NA2 との組み合わせに対して、その波面収差が  $0.07 \lambda 2 \text{ rms}$  以下になるように集光でき、

前記カップリングレンズは光軸方向に沿って変移することで前記集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする集光光学系。

【請求項 78】 前記波長  $\lambda 2$  の光束を前記透明基板の厚さ  $t2$  を有する光情報記録媒体に対して前記 NA1 内で波面収差が  $0.07 \lambda 2$  以上の状態で集光させることを特徴とする請求項 77 に記載の集光光学系。

【請求項 79】 前記回折構造は対物レンズで発生する色収差を補正することを特徴とする請求項 77 または 78 に記載の集光光学系。

【請求項 80】 前記カップリングレンズは対物レンズで発生する色収差を補正する機能を有することを特徴とする請求項 77～79 のいずれか 1 項に記載の集光光学系。

【請求項 81】 前記カップリングレンズは相対的にアッベ数の大きい正レンズと、相対的にアッベ数の小さい負レンズとを接合した 1 群 2 枚構成であることを特徴とする請求項 80 に記載の集光光学系。

【請求項 82】 前記カップリングレンズは少なくとも 1 面に輪帯状の回折構造を有する単玉レンズであることを特徴とする請求項 80 に記載の集光光学系。

【請求項 83】 前記カップリングレンズと前記対物レンズとの合成系の色収差が次式を満たすことを特徴とする請求項 77～82 のいずれか 1 項に記載の集光光学系。

$$|\Delta fBi \cdot (NAi)^2| \leq 0.25 \mu\text{m} \quad (i=1 \text{ および } 2)$$

ただし、 $\Delta fBi$ ：前記波長  $\lambda i$  の光源の波長が  $+1 \text{ nm}$  変化したときの、合成系の焦点位置の変化 ( $\mu\text{m}$ )

【請求項 84】 次式を満たすことを特徴とする請求項 77～83 のいずれか 1 項に記載の集光光学系。

$$t1 \leq 0.6 \text{ mm}$$

$$t2 \geq 0.6 \text{ mm}$$

$$\lambda 1 \leq 500 \text{ nm}$$

$$600 \text{ nm} \leq \lambda 2 \leq 800 \text{ nm}$$

$$NA1 \geq 0.65$$

$$NA2 \leq 0.65$$

【請求項 85】 前記対物レンズは請求項 55～76 のいずれか 1 項に記載の対物レンズであることを特徴とする請求項 77～84 のいずれか 1 項に記載の集光光学系。

【請求項 86】 前記カップリングレンズは、前記透明基板の厚さが異なる複数の光情報記録媒体に対してそれぞれの透明基板の厚さに応じて前記対物レンズに入射する光束の発散度を変えることを特徴とする請求項 77～85 のいずれか 1 項に記載の集光光学系。

【請求項87】 前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで、前記光源の発振波長の微少な変動に起因して集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする請求項77～86のいずれか1項に記載の集光光学系。

【請求項88】 前記対物レンズは少なくとも1枚のプラスチック材料から形成されたレンズを含み、前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで、温湿度変化に起因して集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする請求項77～86のいずれか1項に記載の集光光学系。

【請求項89】 前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで、前記光情報記録媒体の透明基板の厚さの微少な変動に起因して集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする請求項77～86のいずれか1項に記載の集光光学系。

【請求項90】 前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで、前記光源の発振波長の微少な変動、温湿度変化、及び前記光情報記録媒体の透明基板の厚さの微少な変動のうち少なくとも2つ以上の組み合わせに起因して集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする請求項77～89のいずれか1項に記載の集光光学系。

【請求項91】 前記集光光学系の球面収差がオーバー側に変動するときは、前記カップリングレンズは、球面収差が変動する前に比して、前記対物レンズとの間隔を増加させるように光軸方向に沿って変移し、前記集光光学系の球面収差がアンダー側に変動するときは、前記カップリングレンズは、球面収差が変動する前に比して、前記対物レンズとの間隔を減少させるように光軸方向に沿って変移することで集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする請求項77～90のいずれか1項に記載の集光光学系。

【請求項92】 波長の異なる光源と、前記光源から射出された発散光の発散角を変えるカップリングレンズと、このカップリングレンズを介した光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面に集光させる対物レンズと、を含む集光光学系を備え、前記記録面からの反射光を検出することで前記複数の種類の光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生が可能な光ピックアップ装置であって、前記光ピックアップ装置は、前記記録面からの反射光を検出するための受光手段と、前記記録面に光束を集光させるために前記対物レンズを駆動させる第1の駆動装置と、を有し、前記カップリングレンズは光軸方向に沿って変移することで前記集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正し、前記記録面からの反射光を検出することで前記記録面上に集光された光束の集光状態を検出し前記カップリング

レンズを駆動させる第2の駆動装置を更に有し、前記集光光学系が請求項77～91のいずれか1項に記載の集光光学系であることを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項93】 請求項92に記載の光ピックアップ装置を搭載したことを特徴とする、音声および／または画像の記録装置、および／または、音声および／または画像の再生装置。

【発明の詳細な説明】

10 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、対物レンズ、集光光学系、光ピックアップ装置及び記録・再生装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、短波長赤色半導体レーザーの実用化に伴い、従来の光ディスク（光情報記録媒体ともいう）である、CD（コンパクトディスク）と同程度の大きさで大容量化させた高密度の光ディスクであるDVD（デジタルバーサタイルディスク）が開発・製品化されているが、近い将来には、より高密度な次世代の光ディスクが登場することが予想される。このような次世代の光ディスクを媒体とした光情報記録再生装置の集光光学系では、記録信号の高密度化を図るため、或いは高密度記録信号を再生するため、対物レンズを介して情報記録面上に集光するスポットの径を小さくすることが要求される。そのためには、光源であるレーザーの短波長化や対物レンズの高開口数化が必要となる。短波長レーザー光源としてその実用化が期待されているのは、発振波長400nm程度の青紫色半導体レーザーである。

30 【0003】ところで、レーザー光源の短波長化や対物レンズの高開口数化が図られてくると、CDやDVDのごとき従来の光ディスクに対して情報の記録または再生を行うような、比較的長波長のレーザー光源と低開口数の対物レンズとの組み合わせからなる光ピックアップ装置ではほとんど無視できた問題でも、より顕在化されることが予想される。

40 【0004】その1つがレーザー光源の微少な発振波長の変動により対物レンズで生じる軸上色収差の問題である。一般の光学レンズ材料の微少な波長変動による屈折率変化は、短波長を取り扱うほど大きくなる。そのため、微少な波長変動により生じる焦点のデフォーカス量は大きくなる。ところが、対物レンズの焦点深度は、 $k \cdot \lambda / NA^2$ （ $k$ は比例定数、 $\lambda$ は波長、 $NA$ は対物レンズの像側開口数）で表されることからわかるように、使用波長が短いほど焦点深度が小さくなり僅かなデフォーカス量も許されない。従って、青紫色半導体レーザーのような短波長の光源及び高開口数の対物レンズを用いた集光光学系では、半導体レーザーのモードホップ現象や出力変化による波長変動や、高周波重量による波面収差の劣化を防ぐために、軸上色収差の補正が重要となる。

【0005】更に、レーザ光源の短波長化と対物レンズの高開口数化において顕在化する別の問題は、温度・湿度変化による集光光学系の球面収差の変動である。すなわち、光ピックアップ装置において一般的に使用されているプラスチックレンズは、温度や湿度変化をうけて変形しやすく、また、屈折率が大きく変化する。従来の光ピックアップ装置に用いられる集光光学系ではそれほど問題にならなかった屈折率変化による球面収差の変動も、レーザ光源の短波長化と対物レンズの高開口数化においては無視できない量となる。

【0006】更に、レーザ光源の短波長化と対物レンズの高開口数化において顕在化する別の問題は、光ディスクの保護層（透明基板ともいう）の厚み誤差に起因する集光光学系の球面収差の変動である。保護層の厚み誤差により生じる球面収差は、対物レンズの開口数の4乗に比例して発生することが知られている。従って、対物レンズの開口数が大きくなるにつれて保護層の厚み誤差の影響が大きくなり、安定した情報の記録または再生が出来なくなる恐れがある。

【0007】また、次世代の光ディスクにおいては、光ディスクが光軸に対して傾いたときに生じるコマ収差を小さく抑えるために、従来の光ディスクよりも更に薄い保護層を使うことが提案されている。従って、次世代の光ディスクと保護層の厚さの異なるCDやDVDのごとき従来の光ディスクに対して、同一の光ピックアップでの記録または再生を可能とすることが要求されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、高開口数及び短波長に対応可能で軽量で安価であり、軸上色収差が良好に補正された光情報記録媒体の記録または再生用の対物レンズを提供することを目的とする。

【0009】また、レーザ光源の発振波長変化、温度・湿度変化、光情報記録媒体の透明基板の厚みの誤差等に起因して光ピックアップ装置の各光学面で発生する球面収差の変動を簡易な構成で効果的に補正できる集光光学系及び光ピックアップ装置を提供することを目的とする。

【0010】また、レーザ光源のモードホップ現象や高周波重畳に起因して対物レンズで発生する軸上色収差を効果的に補正できる集光光学系及び光ピックアップ装置を提供することを目的とする。

【0011】また、透明基板の厚さの異なる複数の光情報記録媒体に対して情報の記録または再生用の対物レンズを提供することを目的とする。

【0012】更に、短波長レーザ光源と高開口数の対物\*

$$0.03 \leq \lambda \cdot f \cdot \sum (n_i / (M_i \cdot P_i^2)) \leq 0.70 \quad (3)$$

【0020】請求項5に記載の対物レンズは、光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、前記対物レンズは、光学プラスチック材料から形成され、少なくとも1つの面が非球面となされた単玉レン

\*レンズを備え、透明基板の厚さの異なる複数の光情報記録媒体に対して情報の記録または再生を行える集光光学系及び光ピックアップ装置を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項1に記載の対物レンズは、光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、前記対物レンズは、光学プラスチック材料から形成され、少なくとも1つの面が非球面となされた単玉レンズであって、少なくとも1つの面上に輪帯状の回折構造が形成され、次式を満たすことを特徴とする。

$$【0014】NA \geq 0.7 \quad (1)$$

ただし、NA：光情報記録媒体に記録および／または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【0015】請求項2に記載の対物レンズは請求項1において両面が非球面となされたことを特徴とする。

【0016】請求項3に記載の対物レンズは請求項1または2において次式を満たすことを特徴とする。

【0017】

$$5.0 \leq fD/f \leq 65.0 \quad (2)$$

ただし、fD：第i面上に形成された、前記回折構造により透過波面に付加される光路差を、

$$\Phi_{bi} = n_i \cdot (b_{2i} \cdot h_i^2 + b_{4i} \cdot h_i^4 + b_{6i} \cdot h_i^6 + \dots)$$

により定義される光路差関数で表す場合に（ここで、 $n_i$ は、前記第i面上に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量を有する回折光の回折次数、 $h_i$ は光軸からの高さ（mm）、 $b_{2i}$ 、 $b_{4i}$ 、 $b_{6i}$ 、 $\dots$ はそれぞれ2次、4次、6次、 $\dots$ の光路差関数係数（回折面係数ともいう）である）、 $fD = 1 / \sum (-2 \cdot n_i \cdot b_{2i})$ により定義される回折構造のみの焦点距離（mm）

f：屈折パワーと前記回折構造による回折パワーとを合わせた対物レンズ全系の焦点距離（mm）

【0018】請求項4に記載の対物レンズは請求項1～3のいずれか1項において前記回折構造において、第i面上に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量をもつ回折光の次数を $n_i$ 、第i面上に形成された回折構造の輪帯数を $M_i$ 、第i面上に形成された回折構造の輪帯間隔の最小値を $P_i$ （mm）とし、対物レンズ全系の焦点距離をf（mm）とし、使用波長を $\lambda$ （mm）としたとき、次式を満たすことを特徴とする。

【0019】

ズであって、少なくとも1つの面上に輪帯状の回折構造が形成され、次式を満たすことを特徴とする。

【0021】

$$\lambda \leq 500 \text{ nm}$$

(4)

ただし、 $\lambda$ ：光情報記録媒体に記録および／または再生を行うのに使用する波長

【0022】請求項6に記載の対物レンズは請求項5において両面が非球面となされたことを特徴とする。 \*

$$5. 0 \leq fD/f \leq 65.0$$

(5)

ただし、 $fD$ ：第 $i$ 面上に形成された、前記回折構造により透過波面に付加される光路差を、

$$\Phi_{bi} = n_i \cdot (b_{2i} \cdot h_i^2 + b_{4i} \cdot h_i^4 + b_{6i} \cdot h_i^6 + \dots)$$

により定義される光路差関数で表す場合に（ここで、 $n_i$ は、前記第 $i$ 面上に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量を有する回折光の回折次数、 $h_i$ は光軸からの高さ（mm）、 $b_{2i}$ 、 $b_{4i}$ 、 $b_{6i}$ 、 $\dots$ はそれぞれ2次、4次、6次、 $\dots$ の光路差関数係数（回折面係数ともいう）である）、 $fD = 1/\Sigma(-2 \cdot n_i \cdot b_{2i})$ により定義される \*

$$0.03 \leq \lambda \cdot f \cdot \Sigma(n_i / (M_i \cdot P_i^2)) \leq 0.70 \quad (6)$$

【0027】請求項9に記載の対物レンズは、光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、前記対物レンズは、光学プラスチック材料から形成され、少なくとも1つの面が非球面となされた単玉レンズであって、少なくとも1つの面上に輪帯状の回折構造が形成され、次式を満たすことを特徴とする。

【0028】

$$5. 0 \leq fD/f \leq 40.0 \quad (7)$$

ただし、 $fD$ ：第 $i$ 面上に形成された、前記回折構造により透過波面に付加される光路差を、

$$\Phi_{bi} = n_i \cdot (b_{2i} \cdot h_i^2 + b_{4i} \cdot h_i^4 + b_{6i} \cdot h_i^6 + \dots)$$

により定義される光路差関数で表す場合に（ここで、 $n_i$ は、前記第 $i$ 面上に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量を有する回折光の回折次数、 $h_i$ は光軸からの高さ（mm）、 $b_{2i}$ 、 $b_{4i}$ 、 $b_{6i}$ 、 $\dots$ はそれぞれ2次、4次、6次、 $\dots$ ）★

$$0.03 \leq \lambda \cdot f \cdot \Sigma(n_i / (M_i \cdot P_i^2)) \leq 0.70 \quad (8)$$

【0032】請求項12に記載の対物レンズは請求項1～11のいずれか1項において前記回折構造において、第 $i$ 面上に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量をもつ回折光の次数を $n_i$ 、第 $i$ 面上に形成された回折構造の輪帯数を $M_i$ 、第 $i$ 面上に形成された回折構造の輪帯間隔の最小値を $P_i$ （mm）とし、対物レンズ全系の焦点距離を $f$ （mm）とし、使用波長を $\lambda$ （mm）としたとき、次式を満たすことを特徴とする。

【0033】 $0.7 \leq NA \leq 0.85$ のとき、

$$0.03 \leq \lambda \cdot f \cdot \Sigma(n_i / (M_i \cdot P_i^2)) \leq 0.70$$

を満たし、

【0035】 $0.85 < NA$ のとき、

\*【0023】請求項7に記載の対物レンズは請求項5または6において次式を満たすことを特徴とする。

【0024】

\*回折構造のみの焦点距離（mm）

$f$ ：屈折パワーと前記回折構造による回折パワーとを合わせた対物レンズ全系の焦点距離（mm）

10 【0025】また、請求項8に記載の対物レンズは請求項5～7のいずれか1項において前記回折構造において第 $i$ 面の回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量をもつ回折光の次数を $n_i$ 、第 $i$ 面の輪帯数を $M_i$ 、輪帯間隔の最小値を $P_i$ （mm）とし、対物レンズ全系の焦点距離を $f$ （mm）とし、使用波長を $\lambda$ （mm）としたとき、次式を満たすことを特徴とする。

【0026】

★・の光路差関数係数（回折面係数ともいう）である、

20  $fD = 1/\Sigma(-2 \cdot n_i \cdot b_{2i})$ により定義される回折構造のみの焦点距離（mm）

$f$ ：屈折パワーと前記回折構造による回折パワーとを合わせた対物レンズ全系の焦点距離（mm）

【0029】請求項10に記載の対物レンズは請求項9において両面が非球面となされたことを特徴とする。

【0030】請求項11に記載の対物レンズは請求項9または10において前記回折構造において、第 $i$ 面上に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量をもつ回折光の次数を $n_i$ 、第 $i$ 面上に形成された回折構造の輪帯数を $M_i$ 、第 $i$ 面上に形成された回折構造の輪帯間隔の最小値を $P_i$ （mm）とし、対物レンズ全系の焦点距離を $f$ （mm）とし、使用波長を $\lambda$ （mm）としたとき、次式を満たすことを特徴とする。

【0031】

$$0.10 \leq \lambda \cdot f \cdot \Sigma(n_i / (M_i \cdot P_i^2)) \leq 2.50$$

を満たす。

40 【0037】請求項13に記載の対物レンズは、光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、前記対物レンズは、光学プラスチック材料から形成され、少なくとも1つの面が非球面となされた単玉レンズであって、少なくとも1つの面上に輪帯状の回折構造が形成され、前記回折構造において、第 $i$ 面上に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量をもつ回折光の次数を $n_i$ 、第 $i$ 面上に形成された回折構造の輪帯数を $M_i$ 、第 $i$ 面上に形成された回折構造の輪帯間隔の最小値を $P_i$ （mm）とし、対物レンズ全系の焦点距離を $f$ （mm）とし、使用波長を $\lambda$ （mm）と

50

したとき、次式を満たすことを特徴とする。

【0038】

$$0.03 \leq \lambda \cdot f \cdot \sum (n_i / (M_i \cdot P_i^2)) \leq 0.70 \quad (9)$$

【0039】請求項14に記載の対物レンズは請求項13において次式を満たすことを特徴とする。

\*【0040】

$$0.10 \leq \lambda \cdot f \cdot \sum (n_i / (M_i \cdot P_i^2)) \leq 0.65 \quad (10)$$

【0041】請求項15に記載の対物レンズは請求項14において次式を満たすことを特徴とする。

※【0042】

$$0.20 \leq \lambda \cdot f \cdot \sum (n_i / (M_i \cdot P_i^2)) \leq 0.60 \quad (11)$$

【0043】請求項16に記載の対物レンズは請求項13～15のいずれか1項において両面が非球面であることを特徴とする。

★前記回折構造において第i面上に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量をもつ回折光の次数を $n_i$ 、第i面上に形成された回折構造の輪帯数を $M_i$ 、第i面上に形成された回折構造の輪帯間隔の最小値を $P_i$ (mm)とし、対物レンズ全系の焦点距離を $f$ (mm)とし、使用波長を $\lambda$ (mm)としたとき、次式を満たすことを特徴とする。

【0044】請求項17に記載の対物レンズは、光情報記録媒体の記録および/または再生用の対物レンズであって、前記対物レンズは、光学プラスチック材料から形成され、少なくとも1つの面が非球面となされた単玉レンズであって、両面上に輪帯状の回折構造が形成され、★

【0045】

$$0.10 \leq \lambda \cdot f \cdot \sum (n_i / (M_i \cdot P_i^2)) \leq 3.00 \quad (11')$$

【0046】請求項18に記載の対物レンズは請求項17において次式を満たすことを特徴とする。

☆【0047】

$$0.20 \leq \lambda \cdot f \cdot \sum (n_i / (M_i \cdot P_i^2)) \leq 2.50 \quad (12')$$

【0048】請求項19に記載の対物レンズは請求項17または18において次式を満たすことを特徴とする。◆

◆【0049】

$$2.0 \leq fD / f \leq 30.0 \quad (13')$$

ただし、 $fD$ ：第i面上に形成された、前記回折構造により透過波面に付加される光路差を、 $\Phi_{bi} = n_i \cdot (b_{2i} \cdot h_i^2 + b_{4i} \cdot h_i^4 + b_{6i} \cdot h_i^6 + \dots)$

\*回折構造のみの焦点距離(mm)

$f$ ：屈折パワーと前記回折構造による回折パワーとを合わせた対物レンズ全系の焦点距離(mm)

により定義される光路差関数で表す場合に(ここで、 $n_i$ は、前記第i面上に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量をもつ回折光の回折次数、 $h_i$ は光軸からの高さ(mm)、 $b_{2i}$ 、 $b_{4i}$ 、 $b_{6i}$ 、 $\dots$ はそれぞれ2次、4次、6次、 $\dots$ の光路差関数係数(回折面係数ともいう)である)、 $fD = 1 / \sum (-2 \cdot n_i \cdot b_{2i})$ により定義される \*

【0050】請求項20に記載の対物レンズは請求項17～19のいずれか1項において両面が非球面となされたことを特徴とする。

30 【0051】請求項21に記載の対物レンズは請求項1～20のいずれか1項において両面が非球面となされ、次式を満たすことを特徴とする。

【0052】

$$0.35 < (X1 - X2) \cdot (N - 1) / (NA \cdot f) < 0.55 \quad (14')$$

ただし、 $X1$ ：光軸に垂直で光源側の面の頂点に接する平面と、有効径最周辺(上記 $NA$ のマージナル光線が入射する光源側の面上の位置)における光源側の面との光軸方向の差(mm)で、上記接平面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする。

※報記録媒体側の面との光軸方向の差(mm)で、上記接平面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする。

$N$ ：前記対物レンズの使用波長における屈折率

40  $f$ ：前記対物レンズの全系の焦点距離(mm)

$X2$ ：光軸に垂直で光情報記録媒体側の面の頂点に接する平面と、有効径最周辺(上記 $NA$ のマージナル光線が入射する光情報記録媒体側の面上の位置)における光情報

【0053】請求項22に記載の対物レンズは請求項21において次式を満たすことを特徴とする。

【0054】

$$0.39 < (X1 - X2) \cdot (N - 1) / (NA \cdot f) < 0.52 \quad (15')$$

【0055】請求項23に記載の対物レンズは光情報記録媒体の記録および/または再生用の対物レンズであって、前記対物レンズは、両面が非球面となされた単玉レ

ンズであって、少なくとも1つの面上に輪帯状の回折構造が形成され、次式を満たすことを特徴とする。

【0056】

$$0.75 < NA < 0.95 \quad (16')$$

$$0.39 < (X1 - X2) \cdot (N - 1) / (NA \cdot f) < 0.52 \quad (17')$$

X1：光軸に垂直で光源側の面の頂点に接する平面と、有効径最周辺（上記NAのマージナル光線が入射する光源側の面上の位置）における光源側の面との光軸方向の差（mm）で、上記接平面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする。

X2：光軸に垂直で光情報記録媒体側の面の頂点に接する平面と、有効径最周辺（上記NAのマージナル光線が入射する光情報記録媒体側の面上の位置）における光情\*

$$2. 0 \leq fD/f \leq 65.0$$

ただし、fD：第i面上に形成された、前記回折構造により透過波面に付加される光路差を、

$$\Phi_{bi} = n_i \cdot (b_{2i} \cdot h_i^2 + b_{4i} \cdot h_i^4 + b_{6i} \cdot h_i^6 + \dots)$$

により定義される光路差関数で表す場合に（ここで、 $n_i$ は、前記第i面上に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量を有する回折光の回折次数、 $h_i$ は光軸からの高さ（mm）、 $b_{2i}$ 、 $b_{4i}$ 、 $b_{6i}$ 、 $\dots$ はそれぞれ2次、4次、6次、 $\dots$ の光路差関数係数（回折面係数ともいう）である）、 $fD = 1/\sum (-2 \cdot n_i \cdot b_{2i})$ により定義される回折構造のみの焦点距離（mm） ※

$$0.03 \leq \lambda \cdot f \cdot \sum (n_i / (M_i \cdot P_i^2)) \leq 3.00 \quad (19')$$

【0061】請求項26に記載の対物レンズは請求項23～25のいずれか1項において両面上に輪帯状の回折構造が形成されたことを特徴とする。

【0062】請求項27に記載の対物レンズは請求項1★

$$|\Delta fB \cdot NA^2| \leq 0.25 \mu m \quad (12)$$

ただし、 $\Delta fB$ ：前記光源の波長が+1nm変化したときの、対物レンズの焦点位置の変化（ $\mu m$ ）

【0064】請求項28に記載の対物レンズは請求項1☆

$$-200 \leq b_{4i} \cdot h_{imax}^4 / (\lambda \cdot f \cdot NA^4) \leq -5 \quad (13)$$

ただし、

$b_{4i}$ ：第i面上に形成された、前記回折構造により透過波面に付加される光路差を、

$\Phi_{bi} = n_i \cdot (b_{2i} \cdot h_i^2 + b_{4i} \cdot h_i^4 + b_{6i} \cdot h_i^6 + \dots)$ により定義される光路差関数で表す場合に（ここで、 $n_i$ は、前記第i面上に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量を有する回折光の回折次数、 $h_i$ は光軸からの高さ（m

$$0.4 \leq |(Ph/Pf) - 2| \leq 25.0 \quad (14)$$

ただし、Pf：光情報記録媒体に記録および/または再生を行うのに必要な所定の像側開口数における回折輪帯間隔（mm）

Ph：光情報記録媒体に記録および/または再生を行うのに必要な所定の像側開口数の1/2の開口数における回折輪帯間隔（mm）

【0068】請求項30に記載の対物レンズは請求項1～29のいずれか1項において前記光源の波長が+10nm変化したときのマージナル光線の球面収差の変化量

\*報記録媒体側の面との光軸方向の差（mm）で、上記接平面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする。

N：前記対物レンズの使用波長における屈折率

f：前記対物レンズの全系の焦点距離（mm）

【0057】請求項24に記載の対物レンズは請求項23において次式を満たすことを特徴とする。

【0058】

$$(18')$$

※f：屈折パワーと前記回折構造による回折パワーとを合わせた対物レンズ全系の焦点距離（mm）

【0059】請求項25に記載の対物レンズは請求項23または24において前記回折構造において、第i面上に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量をもつ回折光の次数を $n_i$ 、第i面上に形成された回折構造の輪帯数を $M_i$ 、第i面上に形成された回折構造の輪帯間隔の最小値を $P_i$ （mm）とし、対物レンズ全系の焦点距離をf（mm）とし、使用波長を $\lambda$ （mm）としたとき、次式を満たすことを特徴とする。

【0060】

★～25のいずれか1項において前記対物レンズの色収差が次式を満たすことを特徴とする。

【0063】

☆～27のいずれか1項において次式を満たすことを特徴とする。

【0065】

◆m)、 $b_{2i}$ 、 $b_{4i}$ 、 $b_{6i}$ 、 $\dots$ はそれぞれ2次、4次、6次、 $\dots$ の光路差関数係数（回折面係数ともいう）である）、の4次の光路差関数係数 $h_{imax}$ ：第i面の有効径の最大高さ（mm）

【0066】請求項29に記載の対物レンズは請求項1～28のいずれか1項において次式を満たすことを特徴とする。

【0067】

を $\Delta SA$ （ $\mu m$ ）としたとき、次式を満たすことを特徴とする。

【0069】

$$|\Delta SA| \leq 1.5 \quad (15)$$

【0070】請求項31に記載の対物レンズは請求項1～30のいずれか1項において回折レンズとしての回折作用と屈折レンズとしての屈折作用とをあわせた場合、光源の波長が長波長側にシフトした際に、バックフォーカスが短くなる方向に変化するような軸上色収差特性を

有し、次式を満たすことを特徴とする。

$$-1 < \Delta CA / \Delta SA < 0$$

ただし、

$\Delta CA$  : 波長の変化に対する軸上色収差の変化量 (mm)

$\Delta SA$  : 波長の変化に対するマージナル光線の球面収差の変化量 (mm)

$$t \leq 0.6 \text{ mm}$$

【0074】

$$\lambda \leq 500 \text{ nm}$$

ただし、

$t$  : 光情報記録媒体の情報記録面を保護する透明基板の厚さ

$\lambda$  : 光源の波長

【0075】請求項33に記載の対物レンズは請求項1～32のいずれか1項において前記回折構造で発生する $n$ 次回折光量が他のいずれの次数の回折光量よりも大きく、前記対物レンズは、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生するために回折構造で発生した $n$ 次回折光を光情報記録媒体の情報記録面に集光することができることを特徴とする。ここで、 $n$ は0、±1以外の整数である。

【0076】請求項34に記載の対物レンズは請求項1～33のいずれか1項において前記回折構造のうち、少なくとも1つの面上に形成された回折構造は、 $n$ を0、±1以外の整数としたとき、該回折構造で発生する回折※

$$|SA1/SA2| > 1.0$$

ただし、

$SA1$  : 収差関数をツェルニケ (Zernike) の多項式に展開したときの3次の球面収差成分

$SA2$  : 収差関数をツェルニケ (Zernike) の多項式に展開したときの5次の球面収差成分と7次の球面収差成分と9次の球面収差成分との2乗和の平方根

【0081】請求項38に記載の集光光学系は、光源と、前記光源から出射された発散光の発散角を変えるカップリングレンズと、このカップリングレンズを介した光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面に集光させる対物レンズと、を含む光情報記録媒体の記録および／または再生用の集光光学系であって、前記集光光学系は少なくとも1面に輪帯状の回折構造を有し、前記カップリングレンズは光軸方向に沿って変移することで前記集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする。

【0082】請求項39に記載の集光光学系は請求項38において前記回折構造は前記対物レンズで発生する色★

$$|\Delta f_B \cdot NA^2| \leq 0.25 \mu\text{m}$$

ただし、 $\Delta f_B$  : 前記光源の波長が+1nm変化したときの合成系の焦点位置の変化 ( $\mu\text{m}$ )

【0088】請求項44に記載の集光光学系は請求項3

$$NA \geq 0.65$$

【0071】

(20')

\*【0072】請求項32に記載の対物レンズは請求項1～31のいずれか1項において次式を満たすことを特徴とする。

【0073】

$$(16)$$

$$(17)$$

※光のうち、 $n$ 次回折光の回折光量が他のいずれの次数の回折光の回折光量よりも大きくなるように各回折輪帯の光軸方向の段差量が決定されていることを特徴とする。

【0077】請求項35に記載の対物レンズは請求項1～34のいずれか1項において飽和吸水率が0.5%以下である材料から形成されていることを特徴とする。

【0078】請求項36に記載の対物レンズは請求項1～35のいずれか1項において使用波長領域で厚さが3mmにおける内部透過率が85%以上である材料から形成されていることを特徴とする。

【0079】請求項37に記載の対物レンズは請求項1～36のいずれか1項において前記対物レンズの球面収差のうち、3次の球面収差成分を $SA1$ 、5次、7次及び9次の球面収差成分の和を $SA2$ としたとき、次式を満たすことを特徴とする。

【0080】

$$(18)$$

★収差を補正することを特徴とする。

【0083】請求項40に記載の集光光学系は請求項38または39において前記カップリングレンズは前記対物レンズで発生する色収差を補正する機能を有することを特徴とする。

【0084】請求項41に記載の集光光学系は請求項40において前記カップリングレンズは相対的にアッペ数の大きい正レンズと、相対的にアッペ数の小さい負レンズとを接合した1群2枚構成であることを特徴とする。

【0085】請求項42に記載の集光光学系は請求項40において前記カップリングレンズは少なくとも1面に輪帯状の回折構造を有する単玉レンズであることを特徴とする。

【0086】請求項43に記載の集光光学系は請求項38～42のいずれか1項において前記カップリングレンズと前記対物レンズとの合成系の色収差が次式を満たすことを特徴とする。

【0087】

$$(19)$$

8～43のいずれか1項において次式を満たすことを特徴とする。

【0089】

$$(20)$$

【0090】

 $t \leq 0.6 \text{ mm}$ 

(21)

【0091】

 $\lambda \leq 500 \text{ nm}$ 

(22)

ただし、NA：光情報記録媒体に記録および／または再生を行うのに必要な所定の対物レンズの像側開口数

t：光情報記録媒体の透明基板の厚さ

$\lambda$ ：光源の波長

【0092】請求項45に記載の集光光学系は請求項38～44のいずれか1項において前記回折構造で発生するn次回折光量が他のいずれの次数の回折光量よりも大きく、前記集光光学系は、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生するために回折構造で発生したn次回折光を光情報記録媒体の情報記録面に集光することができることを特徴とする。ここで、nは0、±1以外の整数である。

【0093】請求項46に記載の集光光学系は請求項38～45のいずれか1項において前記対物レンズは請求項1～37のいずれか1項に記載の対物レンズであることを特徴とする。

【0094】請求項47に記載の集光光学系は請求項38～46のいずれか1項において前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで、前記光源の発振波長の微小な変動に起因して集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする。

【0095】請求項48に記載の集光光学系は請求項38～46のいずれか1項において前記対物レンズは少なくとも1枚のプラスチック材料から形成されたレンズを含み、前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで温湿度変化に起因して集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする。

【0096】請求項49に記載の集光光学系は請求項38～46のいずれか1項において前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで前記光情報記録媒体の透明基板の厚さの微小な変動に起因して集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする。

【0097】請求項50に記載の集光光学系は請求項38～49のいずれか1項において前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで、前記光源の発振波長の微小な変動、温湿度変化、及び前記光情報記録媒体の透明基板の厚さの微小な変動のうち少なくとも2つ以上の組み合わせに起因して集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする。

【0098】請求項51に記載の集光光学系は請求項38～50のいずれか1項において前記集光光学系の球面収差がオーバー側に変動するときは、前記カップリングレンズは、球面収差が変動する前に比して、前記対物レンズとの間隔を増加させるように光軸方向に沿って変移

し、前記集光光学系の球面収差がアンダー側に変動するときは、前記カップリングレンズは、球面収差が変動する前に比して、前記対物レンズとの間隔を減少させるように光軸方向に沿って変移することで集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする。

【0099】請求項52に記載の集光光学系は請求項38～51のいずれか1項において前記光情報記録媒体は、同一の光束入射面側に透明基板と情報記録層とが交互に複数積層された構造を有し、前記対物レンズを光軸方向に沿って変移することで、上記複数の記録層への情報の記録および／または再生のためにフォーカシングさせ、かつ前記カップリングレンズを光軸方向へ変移させることで、前記光束入射面から各情報記録層までの透明基板の厚さの違いによって生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする。

【0100】請求項53に記載の光ピックアップ装置は、光源と、前記光源から出射された発散光の発散角を変えるカップリングレンズと、このカップリングレンズを介した光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面に集光させる対物レンズと、を含む集光光学系を備え、前記記録面からの反射光を検出することで前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行う光ピックアップ装置であって、前記光ピックアップ装置は、前記記録面からの反射光を検出するための受光手段と、前記記録面に光束を集光させるために前記対物レンズを駆動させる第1の駆動装置と、を有し、前記カップリングレンズは光軸方向に沿って変移することで前記集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正し、前記記録面からの反射光を検出することで前記記録面上に集光された光束の集光状態を検出し前記カップリングレンズを駆動させる第2の駆動装置を更に有し、前記集光光学系が請求項38～52のいずれか1項に記載の集光光学系であることを特徴とする。

【0101】請求項54に記載の、音声および／または画像の記録装置、および／または、音声および／または画像の再生装置は、請求項53に記載の光ピックアップ装置を搭載したことを特徴とする。

【0102】請求項55に記載の対物レンズは、波長の異なる光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズとを含み、複数の種類の光情報記録媒体に対して情報の記録および／または再生が可能な記録再生用の光ピックアップ装置に使用される対物レンズであって、前記対物レンズは、少なくとも1面に輪帯状の回折面を有し、少なくとも1面が非球面の単玉レンズであり、前



記複数の種類の光情報記録媒体のうち、任意の2つの光情報記録媒体の透明基板の厚さを $t_1$ 、 $t_2$  ( $t_1 \leq t_2$ ) とし、前記透明基板の厚さ $t_1$ を有する光情報記録媒体に対して情報の記録または再生を行う際の波長を $\lambda_1$ とし、前記透明基板の厚さ $t_2$ を有する光情報記録媒体に対して情報の記録または再生を行う際の波長を $\lambda_2$  ( $\lambda_1 < \lambda_2$ ) とし、波長 $\lambda_1$ の光束により、透明基板の厚さ $t_1$ の光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数を $NA_1$ とし、波長 $\lambda_2$ の光束により、透明基板の厚さ $t_2$ の光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数を $NA_2$  ( $NA_1 \geq NA_2$ ) としたとき、前記対物レンズは、波長 $\lambda_1$ と透明基板の厚さ $t_1$ と像側開口数 $NA_1$ との組み合わせに対して、その波面収差が $0.07\lambda_1 \text{ rms}^*$

$$0.5 \leq (f/vd) \cdot fD \leq 10.0 \quad (24)$$

ただし、 $fD$ ：第 $i$ 面上に形成された、前記回折構造により透過波面に付加される光路差を、

$$\Phi_{bi} = n_i \cdot (b_{2i} \cdot h_i^2 + b_{4i} \cdot h_i^4 + b_{6i} \cdot h_i^6 + \dots)$$

により定義される光路差関数で表す場合に（ここで、 $n_i$ は、前記第 $i$ 面上に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量を有する回折光の回折次数、 $h_i$ は光軸からの高さ（mm）、 $b_{2i}$ 、 $b_{4i}$ 、 $b_{6i}$ 、 $\dots$ はそれぞれ2次、4次、6次、 $\dots$ の光路差関数係数（回折面係数ともいう）である）、 $fD = 1/\Sigma (-2 \cdot n_i \cdot b_{2i})$ により定義される回折構造のみの焦点距離（mm）

$$|\Delta f B_i \cdot (NA_i)^2| \leq 0.25 \mu\text{m} \quad (i=1 \text{ および } 2) \quad (26)$$

ただし、 $\Delta f B_i$ ：前記波長 $\lambda_i$ の光源の波長が $+1 \text{ nm}$ 変化したときの、対物レンズの焦点位置の変化（ $\mu\text{m}$ ）

$$-25.0 \leq b_{2i}/\lambda_1 \leq 0.0 \quad (27)$$

ただし、 $\lambda_1$ ：前記波長のうち、短波長側の波長（mm）

$b_{2i}$ ：第 $i$ 面上に形成された、前記回折構造により透過波面に付加される光路差を、

$$\Phi_{bi} = n_i \cdot (b_{2i} \cdot h_i^2 + b_{4i} \cdot h_i^4 + b_{6i} \cdot h_i^6 + \dots)$$

により定義される光路差関数で表す場合の2次の光路差関数係数（ここで、 $n_i$ は、前記第 $i$ 面上に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量を有する回折光の回折次数、 $h_i$ は光軸からの高さ（mm）、 $b_{2i}$ 、 $b_{4i}$ 、 $b_{6i}$ 、 $\dots$ はそれぞれ2次、4次、6次、 $\dots$ の光路差関数係数（回折面係数ともいう）である）。

【0113】請求項61に記載の対物レンズは、波長の異なる光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対

\*以下になるように集光でき、かつ波長 $\lambda_2$ と透明基板の厚さ $t_2$ と像側開口数 $NA_2$ との組み合わせに対して、その波面収差が $0.07\lambda_2 \text{ rms}$ 以下になるように集光でき、次式を満たすことを特徴とする。

【0103】

$$NA_1 \geq 0.7$$

(23)

ただし、 $NA_1$ ：前記波長のうち短波長側の波長により透明基板の厚さの小さいほうの光情報記録媒体に記録および/または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【0104】請求項56に記載の対物レンズは請求項55において両面が非球面であることを特徴とする。

【0105】請求項57に記載の対物レンズは請求項55または56において次式を満たすことを特徴とする。

【0106】

$$(24)$$

\* $f$ ：屈折パワーと前記回折構造による回折パワーとを合わせた対物レンズ全系の $\lambda_1$ における焦点距離（mm）

$vd$ ：対物レンズの材料の $d$ 線のアッペ数

【0107】請求項58に記載の対物レンズは請求項57において次式を満たすことを特徴とする。

【0108】

$$vd \geq 55.0$$

(25)

【0109】請求項59に記載の対物レンズは請求項57または58において前記対物レンズの色収差が次式を満たすことを特徴とする。

【0110】

★【0111】請求項60に記載の対物レンズは請求項55または56において次式を満たすことを特徴とする。

★【0112】

物レンズと、を含み、複数の種類の光情報記録媒体に対して情報の記録および/または再生が可能な記録再生用の光ピックアップ装置に使用される対物レンズであって、前記対物レンズは、少なくとも1面に輪帯状の回折面を有し、少なくとも1面が非球面の単玉レンズであり、前記複数の種類の光情報記録媒体のうち、任意の2つの光情報記録媒体の透明基板の厚さを $t_1$ 、 $t_2$  ( $t_1 \leq t_2$ ) とし、前記透明基板の厚さ $t_1$ を有する光情報記録媒体に対して情報の記録または再生を行う際の波長を $\lambda_1$ とし、前記透明基板の厚さ $t_2$ を有する光情報記録媒体に対して情報の記録または再生を行う際の波長を $\lambda_2$  ( $\lambda_1 < \lambda_2$ ) とし、波長 $\lambda_1$ の光束により、透明基板の厚さ $t_1$ の光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数を $NA_1$ とし、波長 $\lambda_2$ の光束により、透明基板の厚さ $t_2$ の光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数を

33

NA2 (NA1 ≥ NA2) としたとき、前記対物レンズは、波長λ1と透明基板の厚さt1と像側開口数NA1との組み合わせに対して、その波面収差が0.07λ1rms以下になるように集光でき、かつ波長λ2と透明基板の厚さt2と像側開口数NA2との組み合わせに対して、その波面収差が0.07λ2rms以下になるように集光でき、次式を満たすことを特徴とする。

【0114】

$$\lambda 1 \leq 500 \text{ nm}$$

(28) \*

$$0.5 \leq (f/vd) \cdot fD \leq 10.0$$

(29)

ただし、fD：第i面上に形成された、前記回折構造により透過波面に付加される光路差を、

$$\Phi_{bi} = n_i \cdot (b_{2i} \cdot h_i^2 + b_{4i} \cdot h_i^4 + b_{6i} \cdot h_i^6 + \dots)$$

により定義される光路差関数で表す場合に（ここで、niは、前記第i面上に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量を有する回折光の回折次数、hiは光軸からの高さ(mm)、b2i、b4i、b6i、・・・はそれぞれ2次、4次、6次、・・・の光路差関数係数(回折面係数ともいう)である)、

【0120】請求項65に記載の対物レンズは請求項63または64において前記対物レンズの色収差が次式を★

$$|\Delta fBi \cdot (NAi)^2| \leq 0.25 \mu\text{m} \quad (i=1 \text{ および } 2) \quad (31)$$

ただし、ΔfBi：前記波長λiの光源の波長が+1nm変化したときの、対物レンズの焦点位置の変化(μm)

☆

$$-25.0 \leq b_{2i} / \lambda 1 \leq 0.0$$

(32)

ただし、λ1：前記波長のうち、短波長側の波長(m)

b2i：第i面上に形成された、前記回折構造により透過波面に付加される光路差を、

$$\Phi_{bi} = n_i \cdot (b_{2i} \cdot h_i^2 + b_{4i} \cdot h_i^4 + b_{6i} \cdot h_i^6 + \dots)$$

により定義される光路差関数で表す場合の2次の光路差関数係数(ここで、niは、前記第i面上に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量を有する回折光の回折次数、hiは光軸からの高さ(mm)、b2i、b4i、b6i、・・・はそれぞれ2次、4次、6次、・・・の光路差関数係数(回折面係数ともいう)である)。

【0124】請求項67に記載の対物レンズは、波長の異なる光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含み、複数の種類の光情報記録媒体に対して情報の記録および/または再生可能な記録再生用の光ピックアップ装置に使用される対物レンズであって、前記対物レンズは、少なくとも1面に輪帯状の回折

$$0.5 \leq (f/vd) \cdot fD \leq 10.0$$

(33)

34

\*ただし、λ1：前記透明基板の厚さt1を有する光情報記録媒体に対して情報の記録および/または再生を行う際の波長

【0115】請求項62に記載の対物レンズは請求項61において両面が非球面であることを特徴とする。

【0116】請求項63に記載の対物レンズは請求項61または62において次式を満たすことを特徴とする。

【0117】

※路差関数係数(回折面係数ともいう)である)、

fD=1/Σ(-2・ni・b2i)により定義される回折構造のみの焦点距離(mm)

f：屈折パワーと前記回折構造による回折パワーとを合わせた対物レンズ全系のλ1における焦点距離(mm)

vd：対物レンズの材料のd線のアッペ数

【0118】請求項64に記載の対物レンズは請求項63において次式を満たすことを特徴とする。

【0119】

(30)

★満たすことを特徴とする。

【0121】

☆【0122】請求項66に記載の対物レンズは請求項61または62において次式を満たすことを特徴とする。

【0123】

(32)

30 面を有し、少なくとも1面が非球面の単玉レンズであり、前記複数の種類の光情報記録媒体のうち、任意の2つの情報記録媒体の透明基板の厚さをt1、t2(t1 ≤ t2)とし、前記透明基板の厚さt1を有する光情報記録媒体に対して情報の記録または再生を行う際の波長をλ1とし、前記透明基板の厚さt2を有する光情報記録媒体に対して情報の記録または再生を行う際の波長をλ2(λ1 < λ2)とし、波長λ1の光束により、透明基板の厚さt1の光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数をNA1とし、波長λ2の光束により、透明基板の厚さt2の光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数をNA2(NA1 ≥ NA2)としたとき、前記対物レンズは、波長λ1と透明基板の厚さt1と像側開口数NA1との組み合わせに対して、その波面収差が0.07λ1rms以下になるように集光でき、かつ波長λ2と透明基板の厚さt2と像側開口数NA2との組み合わせに対して、その波面収差が0.07λ2rms以下になるように集光でき、次式を満たすことを特徴とする。

【0125】

(33)

35

ただし、 $fD$ ：第 $i$ 面上に形成された、前記回折構造により透過波面に付加される光路差を、

$$\Phi_{bi} = n_i \cdot (b_{2i} \cdot h_i^2 + b_{4i} \cdot h_i^4 + b_{6i} \cdot h_i^6 + \dots)$$

により定義される光路差関数で表す場合に（ここで、 $n_i$ は、前記第 $i$ 面上に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量を有する回折光の回折次数、 $h_i$ は光軸からの高さ（mm）、 $b_{2i}$ 、 $b_{4i}$ 、 $b_{6i}$ 、 $\dots$ はそれぞれ2次、4次、6次、 $\dots$ の光路差関数係数（回折面係数ともいう）である）、

$fD = 1 / \Sigma (-2 \cdot n_i \cdot b_{2i})$ により定義される回折構造のみの焦点距離（mm）

\*

$$|\Delta f B_i \cdot (NA_i)^2| \leq 0.25 \mu m \quad (i=1 \text{ および } 2) \quad (35)$$

ただし、 $\Delta f B_i$ ：前記波長 $\lambda_i$ の光源の波長が $+1 \text{ nm}$ 変化したときの、対物レンズの焦点位置の変化（ $\mu m$ ）

【0130】請求項70に記載の対物レンズは請求項55～69のいずれか1項において前記波長 $\lambda_2$ の光束を前記透明基板の厚さ $t_2$ を有する光情報記録媒体に対し※20

$$0.4 \leq |(Ph/Pf) - 2| \leq 10.0 \quad (36)$$

ただし、 $Pf$ ：透明基板の厚さ $t_1$ の光情報記録媒体に記録および／または再生を行うのに必要な像側開口数 $NA_1$ における回折輪帯間隔（mm）

$Ph$ ： $NA_1$ の $1/2$ の開口数における回折輪帯間隔（mm）

【0133】請求項72に記載の対物レンズは請求項5★

$$t_1 \leq 0.6 \text{ mm} \quad (37)$$

【0136】

$$t_2 \geq 0.6 \text{ mm} \quad (38)$$

【0137】

$$\lambda_1 \leq 500 \text{ nm} \quad (39)$$

【0138】

$$600 \text{ nm} \leq \lambda_2 \leq 800 \text{ nm} \quad (40)$$

【0139】

$$NA_1 \geq 0.7 \quad (41)$$

【0140】

$$NA_2 \leq 0.65 \quad (42)$$

【0141】請求項74に記載の対物レンズは請求項55～73のいずれか1項において飽和吸水率が0.5%以下である材料から形成されていることを特徴とする。

【0142】請求項75に記載の対物レンズは請求項55～74のいずれか1項において使用波長領域で厚さが3mmにおける内部透過率が85%以上である材料から形成されていることを特徴とする。

【0143】請求項76に記載の対物レンズは請求項55～75のいずれか1項において前記対物レンズの球面収差のうち、3次の球面収差成分を $SA_1$ 、5次、7次及び9次の球面収差成分の和を $SA_2$ としたとき、次式を満たすことを特徴とする。

\* $f$ ：屈折パワーと前記回折構造による回折パワーとを合わせた対物レンズ全系の $\lambda_1$ における焦点距離（mm）

$vd$ ：対物レンズの材料の $d$ 線のアッペ数

【0126】請求項68に記載の対物レンズは請求項67において次式を満たすことを特徴とする。

【0127】

$$vd \geq 55.0 \quad (34)$$

【0128】請求項69に記載の対物レンズは請求項67または68において前記対物レンズの色収差が次式を満たすことを特徴とする。

【0129】

※前記 $NA_1$ 内で波面収差が $0.07 \lambda_2$ 以上の状態で集光させることを特徴とする。

【0131】請求項71に記載の対物レンズは請求項55～70のいずれか1項において次式を満たすことを特徴とする。

【0132】

★5～71のいずれか1項においてプラスチック材料から形成されることを特徴とする。

【0134】請求項73に記載の対物レンズは請求項55～71のいずれか1項において次式を満たすことを特徴とする。

【0135】

【0144】

$$|SA_1/SA_2| > 1.0 \quad (63)$$

ただし、 $SA_1$ ：収差関数をツェルニケ（Zernike）の多項式に展開したときの3次の球面収差成分

$SA_2$ ：収差関数をツェルニケ（Zernike）の多項式に展開したときの5次の球面収差成分と7次の球面収差成分と9次の球面収差成分との2乗和の平方根

【0145】請求項77に記載の集光光学系は、波長の異なる光源と、前記光源から出射された発散光の発散角を変えるカップリングレンズと、このカップリングレンズを介した波長の異なる光源からの光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面に集光させる対物レン

ズと、を含み、複数の種類の光情報記録媒体に対して情報の記録および／または再生が可能な情報記録再生用の集光光学系であって、前記集光光学系は少なくとも1面に輪帯状の回折構造を有し、前記互いに異なる波長のうち、任意の2つの波長を $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  ( $\lambda_1 < \lambda_2$ ) とし、前記複数の種類の光情報記録媒体のうち、任意の2つの光情報記録媒体の透明基板の厚さを $t_1$ 、 $t_2$  ( $t_1 \leq t_2$ ) とし、波長 $\lambda_1$ の光束により、透明基板の厚さ $t_1$ の光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数を $NA_1$ とし、波長 $\lambda_2$ の光束により、透明基板の厚さ $t_2$ の光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数を $NA_2$  ( $NA_1 \geq NA_2$ ) としたとき、前記集光光学系は、波長 $\lambda_1$ と透明基板の厚さ $t_1$ と像側開口数 $NA_1$ との組み合わせに対して、その波面収差が $0.07\lambda_1 \text{ rms}$ 以下になるように集光でき、かつ波長 $\lambda_2$ と透明基板の厚さ $t_2$ と像側開口数 $NA_2$ との組み合わせに対して、その波面収差が $0.07\lambda_2 \text{ rms}$ 以下になるように集光でき、前記カップリングレンズは光軸方向に沿って変移することで前記集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする。

【0146】請求項78に記載の集光光学系は請求項77において前記波長 $\lambda_2$ の光束を前記透明基板の厚さ $t_*$

$$|\Delta f B i \cdot (NA_i)^2| \leq 0.25 \mu\text{m} \quad (i=1 \text{ および } 2) \quad (44)$$

ただし、 $\Delta f B i$ ：前記波長 $\lambda_i$ の光源の波長が $+1 \text{ nm}$ 変化したときの、合成系の焦点位置の変化 ( $\mu\text{m}$ )

【0153】請求項84に記載の集光光学系は請求項77～83のいずれか1項において次式を満たすことを特徴とする。

【0154】

$$t_1 \leq 0.6 \text{ mm} \quad (45)$$

【0155】

$$t_2 \geq 0.6 \text{ mm} \quad (46)$$

【0156】

$$\lambda_1 \leq 500 \text{ nm} \quad (47)$$

【0157】

$$600 \text{ nm} \leq \lambda_2 \leq 800 \text{ nm} \quad (48)$$

【0158】

$$NA_1 \geq 0.65 \quad (49)$$

【0159】

$$NA_2 \leq 0.65 \quad (50)$$

【0160】請求項85に記載の集光光学系は請求項77～84のいずれか1項において前記対物レンズは請求項55～76のいずれか1項に記載の対物レンズであることを特徴とする。

【0161】請求項86に記載の集光光学系は請求項77～85のいずれか1項において前記カップリングレンズは、前記透明基板の厚さが異なる複数の光情報記録媒体に対してそれぞれの透明基板の厚さに応じて前記対物

\*2を有する光情報記録媒体に対して前記 $NA_1$ 内で波面収差が $0.07\lambda_2$ 以上の状態で集光させることを特徴とする。

【0147】請求項79に記載の集光光学系は請求項77または78において前記回折構造は対物レンズで発生する色収差を補正することを特徴とする。

【0148】請求項80に記載の集光光学系は請求項77～79のいずれか1項において前記カップリングレンズは対物レンズで発生する色収差を補正する機能を有することを特徴とする。

【0149】請求項81に記載の集光光学系は請求項80において前記カップリングレンズは相対的にアッペ数の大きい正レンズと、相対的にアッペ数の小さい負レンズとを接合した1群2枚構成であることを特徴とする。

【0150】請求項82に記載の集光光学系は請求項80において前記カップリングレンズは少なくとも1面に輪帯状の回折構造を有する単玉レンズであることを特徴とする。

【0151】請求項83に記載の集光光学系は請求項77～82のいずれか1項において前記カップリングレンズと前記対物レンズとの合成系の色収差が次式を満たすことを特徴とする。

【0152】

レンズに入射する光束の発散度を変えることを特徴とする。

【0162】請求項87に記載の集光光学系は請求項77～86のいずれか1項において前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで、前記光源の発振波長の微小な変動に起因して集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする。

【0163】請求項88に記載の集光光学系は請求項77～86のいずれか1項において前記対物レンズは少なくとも1枚のプラスチック材料から形成されたレンズを含み、前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで、温湿度変化に起因して集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする。

【0164】請求項89に記載の集光光学系は請求項77～86のいずれか1項において前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで、前記光情報記録媒体の透明基板の厚さの微小な変動に起因して集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする。

【0165】請求項90に記載の集光光学系は請求項77～89のいずれか1項において前記カップリングレンズは、光軸方向に沿って変移することで、前記光源の発振波長の微小な変動、温湿度変化、及び前記光情報記録媒体の透明基板の厚さの微小な変動のうち少なくとも2

つ以上の組み合わせに起因して集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする。

【0166】請求項91に記載の集光光学系は請求項77～90のいずれか1項において前記集光光学系の球面収差がオーバー側に変動するときは、前記カップリングレンズは、球面収差が変動する前に比して、前記対物レンズとの間隔を増加させるように光軸方向に沿って変移し、前記集光光学系の球面収差がアンダー側に変動するときは、前記カップリングレンズは、球面収差が変動する前に比して、前記対物レンズとの間隔を減少させるように光軸方向に沿って変移することで集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする。

【0167】請求項92に記載の光ピックアップ装置は、波長の異なる光源と、前記光源から出射された発散光の発散角を変えるカップリングレンズと、このカップリングレンズを介した光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面に集光させる対物レンズと、を含む集光光学系を備え、前記記録面からの反射光を検出することで前記複数の種類の光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生が可能な光ピックアップ装置であって、前記光ピックアップ装置は、前記記録面からの反射光を検出するための受光手段と、前記記録面に光束を集光させるために前記対物レンズを駆動させる第1の駆動装置と、を有し、前記カップリングレンズは光軸方向に沿って変移することで前記集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正し、前記記録面からの反射光を検出することで前記記録面上に集光された光束の集光状態を検出し前記カップリングレンズを駆動させる第2の駆動装置を更に有し、前記集光光学系が請求項77～91のいずれか1項に記載の集光光学系であることを特徴とする。

【0168】請求項93に記載の、音声および／または画像の記録装置、および／または、音声および／または画像の再生装置は、請求項92に記載の光ピックアップ装置を搭載したことを特徴とする。

【0169】なお、本発明において、回折構造が形成された面（回折面）とは、光学素子の表面、例えばレンズの表面に、レリーフを設けて、入射光束を回折させる作用を持たせる面のことをいい、同一光学面に回折を生じる領域と生じない領域がある場合は、回折を生じる領域をいう。レリーフの形状としては、例えば、光学素子の表面に、光軸を中心として略同心円状の輪帯として形成され、光軸を含む平面でその断面をみれば、各輪帯は鋸歯状、あるいは階段状のような形状が知られているが、そのような形状を含むものである。

【0170】また、本発明において、情報の記録および再生とは、上記のような光情報記録媒体の情報記録面上に情報を記録すること、情報記録面上に記録された情報を再生することをいう。本発明の集光光学系は、記録だ

けあるいは再生だけを行うために用いられるものであってもよいし、記録および再生の両方を行うために用いられるものであってもよい。また、ある光情報記録媒体に対しては記録を行い、別の光情報記録媒体に対しては再生を行うために用いられるものであってもよいし、ある光情報記録媒体に対しては記録または再生を行い、別の光情報記録媒体に対しては記録および再生を行うために用いられるものであってもよい。なお、ここでいう再生とは、単に情報を読み取ることを含むものである。

10 【0171】また、本発明において、対物レンズの第1面とは、対物レンズの光源側の光学面のことを指し、対物レンズの第2面とは、対物レンズの光情報記録媒体側の光学面のことを指す。

【0172】

【作用】請求項1の対物レンズによれば、開口数が大きくそれでいてプラスチック材料からなり軽量で大量生産可能で安価になり、光情報記録媒体の記録・再生用単玉対物レンズを得ることができるとともに、非球面とすることにより球面収差を補正でき、回折構造により色収差を補正できる。対物レンズはプラスチック材料からなるので、回折構造を容易に設けることができ、また軽量であるので、光ピックアップ装置でフォーカシング機構への負担を軽減することが出来る。プラスチック材料としては、アッベ数が大きく、波長500nm以下での透過率が大きく、複屈折が小さく、吸水率が小さいことが好ましいので、ポリオレフィン系樹脂が望ましい。特にポリオレフィン系のノルボルネン系樹脂が望ましい。さらに、開口数を0.7以上とすることで情報記録面上に集光するスポットを小さくできるので、CD（開口数0.45）やDVD（開口数0.60）のごとき従来の光情報記録媒体に比べより高密度に情報の記録および／または高密度記録された情報の読み取りが可能となる。

30 【0173】この対物レンズは、請求項2にあるように両面に非球面を有することが好ましく、両面を非球面とすることでより精緻に収差の補正が可能となる。

40 【0174】請求項3の条件式（2）を満たすような焦点距離を有する輪帯状の回折構造を対物レンズに設けることで、軸上色収差を補正できる。この回折構造は、レーザ光源の波長が長波長側に微少変動した際に、バックフォーカスが短くなる方向に変化するような波長特性を有するので、屈折レンズとしての屈折パワーと、回折レンズとしての回折パワーを上式を満たすように適切に選ぶことで、500nm以下の短波長を発振波長にもつ光源を用いた場合に問題となる、対物レンズで発生する軸上色収差を補正することが可能である。 $f_D/f$ の値が上式の下限以上で対物レンズの軸上色収差が補正過剰になりすぎず、上限以下で対物レンズの軸上色収差が補正不足になり過ぎない。

50 【0175】請求項4の条件式（3）を満足するように回折構造を形成すると、色収差の補正を適切にすること

ができる。条件式(3)の上限を超えないようにすると色収差が過剰に補正され過ぎることがなく、下限を超えないようにすると補正不足とならない。

【0176】請求項5の対物レンズによれば、プラスチック材料からなり軽量で大量生産可能で安価になり、短波長の光で光情報記録媒体の記録・再生が可能な単玉対物レンズを得ることができるとともに、非球面とすることにより球面収差を補正でき、回折構造により色収差を補正できる。対物レンズはプラスチック材料からなるので、回折構造を容易に設けることができ、また軽量であるので、光ピックアップ装置でフォーカシング機構への負担を軽減することが出来る。プラスチック材料としては、アッベ数が大きく、波長500nm以下での透過率が大きく、複屈折が小さく、吸水率が小さいことが好ましいので、ポリオレフィン系樹脂が望ましい。特にポリオレフィン系のノルボルネン系樹脂が望ましい。さらに、使用波長を500nm以下とすることで情報記録面上に集光するスポットを小さくできるので、CD(780nm)やDVD(650nm)のごとき従来の光情報記録媒体に比べより高密度に情報の記録および／または高密度記録された情報の読み取りが可能となる。

【0177】この対物レンズは、請求項6にあるように両面に非球面を有することが好ましく、両面を非球面とすることでより精緻に収差の補正が可能となる。

【0178】請求項7の条件式(5)を満たすような焦点距離を有する輪帯状の回折構造を対物レンズに設けることで、軸上色収差を補正できる。この回折構造は、レーザ光源の波長が長波長側に微小変動した際に、バックフォーカスが短くなる方向に変化するような波長特性を有するので、屈折レンズとしての屈折パワーと、回折レンズとしての回折パワーを上式を満たすように適切に選ぶことで、500nm以下の短波長を発振波長にもつ光源を用いた場合に問題となる、対物レンズで発生する軸上色収差を補正することが可能である。 $fD/f$ の値が上式の下限以上で対物レンズの軸上色収差が補正過剰になりすぎず、上限以下で対物レンズの軸上色収差が補正不足になり過ぎない。

【0179】請求項8の条件式(6)を満足するように回折構造を形成すると、色収差の補正を適切にすることができる。条件式(6)の上限を超えないようにすると色収差が過剰に補正され過ぎることがなく、下限を超えないようにすると補正不足とならない。

【0180】請求項9の対物レンズによれば、プラスチック材料からなり軽量で大量生産可能で安価になり、光情報記録媒体の記録・再生が可能な単玉対物レンズを得ることができるとともに、非球面とすることにより球面収差を補正でき、回折構造により色収差を補正できる。対物レンズはプラスチック材料からなるので、回折構造を容易に設けることができ、また軽量であるので、光ピックアップ装置でフォーカシング機構への負担を軽減す

ることが出来る。プラスチック材料としては、アッベ数が大きく、波長500nm以下での透過率が大きく、複屈折が小さく、吸水率が小さいことが好ましいので、ポリオレフィン系樹脂が望ましい。特にポリオレフィン系のノルボルネン系樹脂が望ましい。更に、条件式(7)を満たすような焦点距離を有する輪帯状の回折構造を対物レンズに設けることで、軸上色収差を良好に補正できる。この回折構造は、レーザ光源の波長が長波長側に微小変動した際に、バックフォーカスが短くなる方向に変化するような波長特性を有するので、屈折レンズとしての屈折パワーと、回折レンズとしての回折パワーを上式を満たすように適切に選ぶことで、500nm以下の短波長を発振波長にもつ光源を用いた場合に問題となる、対物レンズで発生する軸上色収差を補正することが可能である。 $fD/f$ の値が上式の下限以上で対物レンズの軸上色収差が補正過剰になりすぎず、上限以下で対物レンズの軸上色収差が補正不足になり過ぎない。

【0181】この対物レンズは、請求項10にあるように両面に非球面を有することが好ましく、両面を非球面とすることでより精緻に収差の補正が可能となる。

【0182】請求項11の条件式(8)を満足するように回折構造を形成すると、色収差の補正を適切にすることができる。条件式(8)の上限を超えないようにすると色収差が過剰に補正され過ぎることがなく、下限を超えないようにすると補正不足とならない。

【0183】請求項13の対物レンズによれば、プラスチック材料からなり軽量で大量生産可能で安価になり、光情報記録媒体の記録・再生が可能な単玉対物レンズを得ることができるとともに、非球面とすることにより球面収差を補正でき、回折構造により色収差を補正できる。対物レンズはプラスチック材料からなるので、回折構造を容易に設けることができ、また軽量であるので、光ピックアップ装置でフォーカシング機構への負担を軽減することが出来る。プラスチック材料としては、アッベ数が大きく、波長500nm以下での透過率が大きく、複屈折が小さく、吸水率が小さいことが好ましいので、ポリオレフィン系樹脂が望ましい。特にポリオレフィン系のノルボルネン系樹脂が望ましい。更に、条件式(9)を満足するように回折構造を形成すると、色収差の補正を適切にすることができる。条件式(9)の上限を超えないようにすると色収差が過剰に補正され過ぎることがなく、下限を超えないようにすると補正不足とならない。

【0184】条件式(9)は、請求項14のように条件式(10)を満たすことが好ましく、また請求項15のように条件式(11)を満たすことが更に好ましい。

【0185】この対物レンズは、請求項16にあるように両面に非球面を有することが好ましく、両面を非球面とすることでより精緻に収差の補正が可能となる。

【0186】波長400nm程度の光を発生する光源を

使用する光ピックアップ装置用の対物レンズに、輪帯状の回折構造を形成し、軸上色収差を補正する場合、回折構造には大きな回折パワーが必要である。なぜなら、一般的な光学材料では、短波長になるほど微少な波長変化に対する屈折率の変化は大きくなるからである。そのため、単玉の対物レンズにおいて、1つの面上のみに回折構造を形成した場合、回折輪帯の光軸方向の最小間隔が小さくなりすぎてしまい、回折構造の製造時の形状誤差による回折効率の低下の影響が顕著になる。そこで、請求項17のように、両面上に回折構造を形成し、回折パワーを2つの面に分配することで、各面上に形成された回折輪帯の間隔を大きくすることができるので、製造しやすく、それでいて回折効率の良い対物レンズとすることができる。

【0187】このとき、 $0.10 \leq \lambda \cdot f \cdot \sum (n_i / (M_i \cdot P_i^2)) \leq 3.00$ を満たすように各面の回折構造の形状を決定することで、良好に軸上色収差が補正された両面回折レンズとすることができる。上式の下限以上で軸上色収差が補正不足になりすぎず、上限以下で軸上色収差が補正過剰になりすぎない。

【0188】上述の作用を達成するには、請求項18のように、

$$0.20 \leq \lambda \cdot f \cdot \sum (n_i / (M_i \cdot P_i^2)) \leq 2.50$$

を満たすのがより好ましい。

【0189】また、請求項19のように、正のパワーを有する回折構造はアッペ数に負の値を有するので、回折構造の回折レンズとしての焦点距離  $f_D$  と、対物レンズ全系の焦点距離  $f$  を、 $2.0 \leq f_D / f \leq 30.0$  を満たすように選択することで、波長400nm程度の光を発生する単色性の悪い光源を用いた場合に問題となる軸上色収差を良好に補正できる。 $f_D / f$  の値が上式の下限以上で対物レンズ全系の軸上色収差が補正不足になりすぎず、上限以下で対物レンズ全系の軸上色収差が補正過剰になり過ぎない。上述の作用を達成するには、 $2.0 \leq f_D / f \leq 65.0$  を満たすことがより好ましい。

【0190】また、請求項21における、 $0.35 < (X_1 - X_2) \cdot (N - 1) / (NA \cdot f) < 0.55$  の式は、像側開口数が0.70以上であって両面が非球面となされた単玉の対物レンズであって、少なくとも1つの面上に回折構造が形成された対物レンズ（以下、両面非球面一回折対物レンズと呼ぶ）において、正弦条件が良好に満足され、かつ各面間の光軸ずれによる高次のコマ収差が良好に補正された対物レンズとするための、各面のサゲ量（ $X_1$  及び  $X_2$ ）に関する条件である。像側開口数が0.70以上の両面非球面一回折対物レンズでは、 $(X_1 - X_2) \cdot (N - 1) / (NA \cdot f)$  の値が上記の範囲内にあれば、光束が入射した場合に発生する高次コマ収差が大きくなりすぎず、各面間の光軸ずれ

による高次のコマ収差が大きくなりすぎない。また、光源から射出される光の波長が微少量変化した場合の球面収差の変化量が大きくなりすぎない。さらに、下限以上でマージナル光線の球面収差が補正過剰になり過ぎず、上限以下でマージナル光線の球面収差が補正不足になり過ぎない。上述の作用を達成するには、

$$0.39 < (X_1 - X_2) \cdot (N - 1) / (NA \cdot f) < 0.52$$

を満たすのがより好ましい。

10 【0191】また、請求項23における、 $0.39 < (X_1 - X_2) \cdot (N - 1) / (NA \cdot f) < 0.52$  の式は、像側開口数が0.75~0.95の範囲にある両面非球面一回折対物レンズにおいて、正弦条件が良好に満足され、かつ各面間の光軸ずれによる高次のコマ収差が良好に補正された対物レンズとするための、各面のサゲ量（ $X_1$  及び  $X_2$ ）に関する条件である。像側開口数が0.75より大きい両面非球面一回折対物レンズでは、 $(X_1 - X_2) \cdot (N - 1) / (NA \cdot f)$  の値が上記の範囲内にあれば、光束が入射した場合に発生する高次コマ収差が大きくなりすぎず、各面間の光軸ずれによる高次のコマ収差が大きくなりすぎない。また、光源から射出される光の波長が微少量変化した場合の球面収差の変化量が大きくなりすぎない。さらに、下限以上でマージナル光線の球面収差が補正過剰になり過ぎず、上限以下でマージナル光線の球面収差が補正不足になり過ぎない。

【0192】請求項27は対物レンズの軸上色収差の発生量に関し、対物レンズの軸上色収差が条件式（12）を満足していれば、使用波長を500nm以下の短波長とし、高開口数化した場合でも、光源のモードホップ現象による瞬時的な発振波長の変動が起きたときの焦点位置の変化を小さく抑えることが出来る。

【0193】請求項28は光源の波長が変化したときの球面収差の補正に関し、光ピックアップ装置において光源として用いられる半導体レーザは個体間で±10nmほどの微少な発振波長のばらつきがある。そのため基準波長から波長が変化したときに対物レンズで発生する球面収差が大きく変化してしまうと、発振波長が基準波長からずれた半導体レーザは使用できなくなるが、この問題は、対物レンズに設けた回折構造が条件式（13）を満足すれば解決できる。この条件式（13）を満たしていれば、波長変化による球面収差の変化を回折の作用により良好に打ち消すことができ、下限以上で基準波長から波長が変化したときの球面収差が補正過剰になりすぎず、上限以下で基準波長から波長が変化したときの球面収差が補正不足になり過ぎないので、使用波長を500nm以下の短波長とし、高開口数化した場合でも、発振波長が基準波長から微少にずれた半導体レーザを使用することが可能となる。

50 【0194】請求項29は回折構造の輪帯間隔すなわち

光軸に垂直な方向の輪帯間の間隔に関し、光路差関数が2次の光路差関数係数(回折面係数ともいう)しか有しないならば、 $(Ph/Pf) - 2 = 0$ となるが、本発明では基準波長からの微小な波長変化によって生じる球面収差の変化を回折的作用により良好に補正するために、光路差関数の高次の光路差関数係数を用いることが好ましいが、このとき、 $(Ph/Pn - 2)$ が0からある程度離れた値をとることが好ましく、この条件を満たしていれば、波長変化による球面収差の変化を回折的作用により良好に打ち消すことができる。下限以上で基準波長から波長が変化したときの球面収差が補正過剰になりすぎず、上限以下で基準波長から波長が変化したときの球面収差が補正不足になり過ぎない。

【0195】請求項30は光源の波長が変化したときの球面収差の発生量に関し、正の屈折パワーを有する屈折レンズでは波長が基準波長から長波長側に変化した場合、補正過剰の球面収差が発生するが、波長が基準波長から長波長側に変化したときに対物レンズの球面収差が補正不足の方向に変化するような球面収差特性を有する回折構造を設けることで、屈折レンズで発生する補正過剰の球面収差を良好に補正することができる。このとき、波長が+10nm変化した際のマージナル光線の球面収差の変化量 $|\Delta SA|$ が条件式15を満たすことが好ましい。この条件を満たしていれば、波長が基準波長から+10nm変化したときの球面収差が補正過剰あるいは補正不足になり過ぎない。ここで、マージナル光線の球面収差の変化量 $\Delta SA$ は、基準波長 $\lambda_0$ における球面収差カーブをその下端が $\lambda_0 + 10\text{nm}$ における球面収差カーブの下端に重なる位置まで平行移動させた際の球面収差カーブの上端と、 $\lambda_0 + 10\text{nm}$ における球面収差カーブの上端との幅により表される。

【0196】また、一般的な光学材料では、短波長になるほど微小な波長変化に対する屈折率の変化は大きくなるため、波長400nm程度の光を発生する光源を使用する光ピックアップ装置用の対物レンズに、輪帯状の回折構造を形成し、軸上色収差を補正する場合、回折構造には大きな回折パワーが必要であり、隣り合う回折輪帯の間隔が小さくなりがちである。回折輪帯の間隔が小さいと、製造誤差による回折効率低下への影響が大きくなるので、実用上好ましくない。そこで、請求項31にあるように、回折レンズとしての回折作用と屈折レンズとしての屈折作用とを合わせた場合に、光源の波長が長波長側に変動した際のバックフォーカスが、波長が変動する前のバックフォーカスに比して短くなる方向に変化するような軸上色収差特性を有し、

$$-1 < \Delta CA / \Delta SA < 0$$

上式を満たすようにすると、波長400nm程度の光を発生する光源を使用する光ピックアップ装置用の対物レンズであっても、回折輪帯の間隔が大きく確保され、それでいて光源がモードホッピングした場合の波面収差の

デフォーカス成分が小さい対物レンズとすることができる。

【0197】上式は、回折作用により、対物レンズの軸上色収差を補正過剰として基準波長の球面収差カーブと長・短波長側の球面収差カーブ(色の球面収差ともいう)を交差させることを意味する。これにより、光源の波長が変動した際のベストフォーカス位置の移動が小さく抑えられるので、光源がモードホッピングした場合の波面収差のデフォーカス成分を小さくすることができる。

【0198】また、上記のように色収差を補正すると、軸上色収差と色の球面収差とともに補正することで光源がモードホッピングした場合の波面収差のデフォーカス成分を小さくする場合よりも、回折輪帯の間隔を大きくすることができるので、輪帯形状の製造誤差による回折効率の低下の防止を達成できる。

【0199】請求項33は光情報記録媒体に対する情報の記録・再生を、回折構造で発生する2次以上の高次回折光を使用して行う対物レンズに関し、 $n$ 次の回折光を使用する場合、 $\pm 1$ 次の回折光を使用する場合に比べ回折構造の輪帯間隔を約 $n$ 倍、輪帯数を約 $1/n$ 倍とすることが出来るので、回折構造を付加するための金型を製造しやすく、その加工時間を短縮することができ、加工・製造誤差による回折効率の低下を防ぐことが出来る。

【0200】請求項34にあるように、対物レンズに形成された回折構造のうち、少なくとも1つの面上に形成された回折構造の輪帯構造の光軸方向の段差量を、 $n$ を0、 $\pm 1$ 以外の整数として、 $n$ 次の高次回折光が最大の回折光量を有するように決定すると(以下、このように輪帯構造が決定された回折構造が形成された面を、高次回折面と呼ぶ)、 $\pm 1$ 次回折光を利用する場合に比して、回折輪帯間隔の最小値を緩和できるので、輪帯構造の形状誤差による回折効率低下の影響を小さくできる。このとき、対物レンズに形成された回折面のうちすべての回折面を高次回折面としてもよいし、 $\pm 1$ 次回折光を利用する場合の回折輪帯間隔の最小値が特に小さくなる回折面のみを高次回折面としてもよい。また、回折光量が最大となる回折次数の値が回折面毎に異なるようにしてもよい。

【0201】請求項35のように材料を選ぶと、対物レンズが空気中の水分を吸収する過程においてレンズ内に吸水率の差によって屈折率分布が生じにくく、それによる収差を小さくすることができる。特にNAが大きいと、収差の発生は大きくなる傾向があるが、上記のようにすると十分小さくすることができる。

【0202】請求項36のように使用波長範囲で材料の3mm厚に対する内部透過率が85%以上のものを材料とすると、使用波長を500nm以下の短波長としても記録光の強度が十分得られ、また読み出し時に対物レンズを往復で通過してもセンサへ入射する光量が十分得る



ことができ、読み出し信号のS/N比を良くすることができる。また、使用波長が500nm以下、特に400nm程度になると吸収によるレンズ材料の劣化が無視できなくなるが、上記条件を満たした材料を用いた対物レンズとすれば劣化の影響は僅かとなり、半永久的に使用が可能となる。

【0203】請求項37は、対物レンズの中心厚さが設計値に対して誤差を持った際、対物レンズで発生する球面収差の3次成分と5次以上の高次成分とのバランスに関し、高NAの対物レンズでは、中心厚さの僅かな誤差に対しても、発生する球面収差の量は大きくなりがちであるので、許容される中心厚さ誤差は数 $\mu\text{m}$ と非常に小さい。しかし、モールドレンズの場合、安定して数 $\mu\text{m}$ 以下の中心厚さ誤差を得ることは難しい。一方、本発明による集光光学系ではカップリングレンズを光軸方向に沿って動かして対物レンズに入射する光束の発散角を変えることにより、集光光学系で発生する球面収差のうち3次の球面収差成分を補正することができる。したがって、対物レンズの球面収差が条件式(18)を満たしていれば、たとえ対物レンズの中心厚さが設計値に対して微少な誤差をもっている場合でもカップリングレンズを光軸方向に沿って適切な量だけ動かせば3次の球面収差成分を除去することができるので、集光光学系全系の残存球面収差量を小さく抑えることが出来る。

【0204】請求項38は、より高密度な次世代の光情報記録媒体の記録および/または再生用の光ピックアップ装置に用いられる集光光学系の好ましい構成に関する。従来の技術で述べたように対物レンズの高開口数化および光源の短波長化が図られてくると、光源の微少な発振波長の変動および温・湿度変化および光情報記録媒体の透明基板厚さの微少な変化に起因する球面収差の変化量は無視できないほど大きくなるので、適切な情報の記録および/または再生ができなくなってしまうが、この問題は前記カップリングレンズを光軸に沿って可動とすることで解決される。すなわち、集光光学系の球面収差がオーバー或いはアンダー側に変動した場合、カップリングレンズを光軸方向に適切な量だけ変移させることで、対物レンズに入射する光束の発散角を変える。これにより対物レンズを透過する波面に対し、集光光学系全体で発生する球面収差と逆の極性の球面収差を発生させることが出来る。その結果、焦点を結んだときの波面は球面収差がキャンセルされた状態になり、集光光学系全体として、良好に球面収差を補正することが出来る。さらに、対物レンズの高開口数化および光源の短波長化が図られてくると、対物レンズで発生する軸上色収差の補正が重要となる。この問題は、光源の波長が長波長側に变化した際、対物レンズのバックフォーカスが短くなるような波長特性を有する回折構造を集光光学系のいずれかの面に設けることで解決される。この回折構造は対物レンズに設けても良いしカップリングレンズに設けても

良い。また、対物レンズとカップリングレンズの両方に設けることで回折レンズのパワーを分担できるので、回折構造の輪帯間隔が大きくなり回折効率が高い回折レンズが製造しやすくなる。さらに、この回折構造は集光光学系中の対物レンズとカップリングレンズ以外の光学素子に設けても良い。また、これらの回折構造は対物レンズで発生する軸上色収差に加え、集光光学系中の対物レンズ以外の光学要素で発生する軸上色収差も補正することが好ましい。

10 【0205】請求項41はカップリングレンズの構成に関し、相対的にアッペ数の大きい正レンズと相対的にアッペ数の小さい負レンズとを接合した1群2枚構成とすることにより、簡易な構成で対物レンズで発生する軸上色収差を補正することが出来る。

【0206】請求項42によれば、単玉という簡易な構成で対物レンズで発生する軸上色収差を良好に補正することができる。

20 【0207】請求項43は、カップリングレンズと対物レンズの合成系の軸上色収差に関し、合成系の軸上色収差が、条件式(19)を満たしていれば、レーザ光源のモードホップ現象による発振波長変動や高周波重畳に対する波面収差の劣化を小さく抑えることが出来る。

【0208】請求項45は光情報記録媒体に対する情報の記録・再生を、回折構造で発生する2次以上の高次回折光を使用して行う集光光学系に関し、n次の回折光を使用する場合、±1次の回折光を使用する場合に比べ回折構造の輪帯間隔を約n倍、輪帯数を約1/n倍とすることが出来るので、回折構造を付加するための金型を製造しやすく、その加工時間を短縮することができ、加工・製造誤差による回折効率の低下を防ぐことが出来る。

30 【0209】請求項47は、光源の半導体レーザの発振波長が変動した場合に、光ピックアップ装置の集光光学系で生じた球面収差の補正に関し、発振波長が基準波長から変動した場合、集光光学系ではオーバー或いはアンダーな球面収差が発生するが、カップリングレンズを光軸方向に適切な量だけ変移させることで、対物レンズに入射する光束の発散角を変える。これにより、集光光学系で生じた球面収差の変動をキャンセルすることが出来る。

40 【0210】請求項48は、温度或いは湿度が変化した場合に、光ピックアップ装置の集光光学系で生じた球面収差の補正に関し、温湿度変化に起因して集光光学系でオーバー或いはアンダーな球面収差が発生した場合、カップリングレンズを光軸方向に適切な量だけ変移させることで、対物レンズに入射する光束の発散角を変える。これにより、集光光学系で生じた球面収差の変動をキャンセルすることが出来る。

50 【0211】請求項49は、光情報記録媒体の保護層(透明基板)の厚み誤差に起因して、集光光学系で発生する球面収差の補正に関し、保護層が厚くなる方向に誤

差を持つ場合、集光光学系ではオーバーな球面収差が、薄くなる方向に誤差を持つ場合、アンダーな球面収差が発生する。このとき、カップリングレンズを光軸方向に適切な量だけ変移させることで、対物レンズに入射する光束の発散角を変える。これにより、集光光学系で生じた球面収差の変動をキャンセルすることが出来る。

【0212】請求項50は、レーザの発振波長の微小な変動、温湿度変化、及び光情報記録媒体の保護層の厚みの微小な変動のうち少なくとも2つ以上の組み合わせに起因して、集光光学系で発生した球面収差の補正に関し、この場合もカップリングレンズを光軸方向に適切な量だけ変移させることで、対物レンズに入射する光束の発散角を変える。これにより、集光光学系で生じた球面収差の変動をキャンセルすることが出来る。

【0213】請求項51によれば、対物レンズとの間隔を増加させるようにカップリングレンズを光軸方向に沿って変移させれば、対物レンズには変移させる前に比べて発散光が入射するので、対物レンズではアンダーな球面収差を発生させることが出来る。従って、上述の原因に起因して、集光光学系でオーバーな球面収差が発生した場合、適切な量だけカップリングレンズを変移させ対物レンズとの間隔を増加させれば、発生したオーバーな球面収差をちょうどキャンセルすることが出来る。逆に、対物レンズとの間隔を減少させるようにカップリングレンズを光軸方向に沿って変移させれば、対物レンズには変移させる前に比べて収束光が入射するので、対物レンズではオーバーな球面収差を発生させることが出来る。従って、上述の原因に起因して、集光光学系でアンダーな球面収差が発生した場合、適切な量だけカップリングレンズを変移させ対物レンズとの間隔を減少させれば、発生したアンダーな球面収差をちょうどキャンセルすることが出来る。

【0214】請求項52によれば、光情報記録媒体が保護層などの透明基板を挟んで2つあるいはそれ以上の記録層を有する場合でも、各記録面における透明基板の厚さの違いによって生ずる球面収差の変動を補正するので、各記録面への集光スポットの集光状態を常に良好に保つことができ、情報記録媒体の片側の面に2倍あるいはそれ以上の容量の情報を記録および／または再生可能な集光光学系を得ることができる。

【0215】請求項53は、対物レンズで発生する軸上色収差の変動及びカップリングレンズ及び対物レンズを含む集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を良好に補正可能な光ピックアップ装置に関し、カップリングレンズを光軸に沿って変移させることで、集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を補正することができる。すなわち、集光光学系の球面収差がオーバー或いはアンダー側に変動した場合、カップリングレンズを光軸方向に適切な量だけ変移させることで、対物レンズに入射する光束の発散角を変える。これにより対物レ

ンズを透過する波面に対し、集光光学系全体で発生する球面収差と逆の極性の球面収差を発生させることが出来る。その結果、焦点を縮んだときの波面は球面収差がキャンセルされた状態になり、集光光学系全体として、良好に球面収差を補正することが出来る。また、集光光学系中に設けた回折構造の作用により集光光学系で発生する軸上色収差を補正することで、モードホップなどカップリングレンズの球面収差補正機能が追従できない瞬時的な波長変動が起きた場合でもスポット径が大きくなりすぎることがないので、安定した情報の記録および／または再生を行うことができる。第2の駆動装置はカップリングレンズを光軸方向に沿って変移させるが、実際の光ピックアップ装置では、再生信号のRF振幅などをモニターしながら集光光学系で発生した球面収差が最適に補正されるようにカップリングレンズを変移させる。この第2の駆動装置としては、ボイスコイル型アクチュエーターやピエゾアクチュエーターなどを用いることが出来る。

【0216】請求項54によれば、音声、画像の記録装置・再生装置が上述の光ピックアップ装置を搭載したことにより、良好な記録・再生を行うことができる。

【0217】請求項55によれば、透明基板の厚さが異なる複数の光情報記録媒体に対して異なる波長で情報の記録または再生を行うことのできる光ピックアップ装置に適した高開口数の対物レンズを得ることができる。具体的には、それぞれの光情報記録媒体に対して記録および／または再生を行う際の波長の差による回折作用の差を利用して、透明基板の厚さの違いにより発生する球面収差を補正する。その際、波長 $\lambda_1$ の光束を透明基板の厚さ $t_1$ を有する光情報記録媒体に対して像側開口数NA1内で波面収差が0.07 $\lambda_1$ の状態とその情報記録面に集光でき、かつ波長 $\lambda_2$ の光束を透明基板の厚さ $t_2$ を有する光情報記録媒体に対して像側開口数NA2内で波面収差が0.07 $\lambda_2$ の状態とその情報記録面に集光できるように球面収差を補正すればよく、さらにNA1を0.7以上に高めることで情報記録面上に集光するスポットを小さくできるので、より高密度な光情報記録媒体と従来の比較的低密度な光情報記録媒体の両方に対して安定した情報の記録および／または再生を行うことができる。

【0218】請求項56によれば、両面を非球面とすることでより精緻に収差の補正が可能となる。

【0219】上記回折面の作用により、異なる2波長の領域の各々に対して、ある1つの同次数の回折光により軸上色収差を補正する場合、バランスよく補正することが必要である。すなわち、600nm～800nmの比較的長波長の領域に対し、500nm以下の短波長領域では、軸上色収差は対物レンズで大きく発生する。従って、500nm以下の短波長領域で軸上色収差をほぼ完全に補正した場合、600nm～800nmの長波長の

領域では、軸上色収差は補正過剰になりすぎてしまう。逆に、600nm～800nmの長波長の領域で軸上色収差をほぼ完全に補正した場合、500nm以下の短波長領域では軸上色収差は補正不足になりすぎてしまう。このとき、請求項57のように、条件式(24)を満たすように、屈折レンズの屈折パワー及び対物レンズのアップ数に対して、回折面の回折パワーを設定すると、短波長領域と長波長領域の各々に対して軸上色収差を良好に補正することが出来る。条件式(24)の下限以上で長波長領域で軸上色収差が補正過剰になりすぎず、上限以下で短波長領域で軸上色収差が補正不足になり過ぎない。

【0220】請求項58は対物レンズの材料のアップ数の好ましい条件に関し、条件式(25)を満足すると、屈折作用により生じる軸上色収差を小さく抑えられるので、上記回折構造で異なる2波長の領域の各々に対して軸上色収差を補正した場合に、2次スペクトルを小さく抑えることができる。

【0221】請求項59によれば、対物レンズの色収差が条件式(26)を満たすと、レーザ光源のモードホップ現象による発振波長変動や高周波重畳に対する波面収差の劣化を小さく抑えることが出来る。

【0222】本発明による透明基板の厚さの異なる複数の光情報記録媒体に対して情報の記録および／または再生が可能な対物レンズでは、少なくとも1つの面に設けた回折構造の作用により透明基板の厚さの違いにより発生する球面収差を補正する。このとき、請求項60の条件式(27)を満たすように対物レンズの回折構造の2次の光路差関数係数を選び、対物レンズの軸上色収差を回折構造により補正しない、あるいは長波長領域において対物レンズで発生する軸上色収差が補正過剰になり過ぎない程度に短波長領域における軸上色収差を補正するとよい。これにより、回折構造が軸上色収差補正の役割を大きくもつことがないので、回折構造の負担を軽減でき、輪帯間隔が大きく輪帯数が少ない回折効率の高い回折レンズを製造しやすい。

【0223】請求項61によれば、透明基板の厚さが異なる複数の光情報記録媒体に対して一方が500nm以下の短波長( $\lambda_1$ )の異なる波長で情報の記録または再生を行うことのできる光ピックアップ装置に適した対物レンズを得ることができる。具体的には、それぞれの光情報記録媒体に対して記録および／または再生を行う際の波長の差による回折作用の差を利用して、透明基板の厚さの違いにより発生する球面収差を補正する。その際、波長 $\lambda_1$ の光束を透明基板の厚さ $t_1$ を有する光情報記録媒体に対して像側開口数NA1内で波面収差が0.07 $\lambda_1$ の状態での情報記録面に集光でき、かつ波長 $\lambda_2$ の光束を透明基板の厚さ $t_2$ を有する光情報記録媒体に対して像側開口数NA2内で波面収差が0.07 $\lambda_2$ の状態での情報記録面に集光できるように球面

収差を補正すればよく、さらに $\lambda_1$ を500nm以下にすることで情報記録面上に集光するスポットを小さくできるので、より高密度な光情報記録媒体と従来の比較的低密度な光情報記録媒体の両方に対して安定した情報の記録および／または再生を行うことができる。

【0224】請求項62によれば、両面を非球面とすることでより精緻に収差の補正が可能となる。

【0225】請求項63のように、条件式(29)を満たすように、屈折レンズの屈折パワー及び対物レンズのアップ数に対して、回折面の回折パワーを設定すると、短波長領域と長波長領域の各々に対して軸上色収差を良好に補正することが出来る。条件式(29)の下限以上で長波長領域で軸上色収差が補正過剰になりすぎず、上限以下で短波長領域で軸上色収差が補正不足になり過ぎない。

【0226】請求項64によれば、条件式(30)を満足すると、屈折作用により生じる軸上色収差を小さく抑えられるので、上記回折構造で異なる2波長の領域の各々に対して軸上色収差を補正した場合に、2次スペクトルを小さく抑えることができる。

【0227】請求項65によれば、対物レンズの色収差が条件式(31)を満たすと、レーザ光源のモードホップ現象による発振波長変動や高周波重畳に対する波面収差の劣化を小さく抑えることが出来る。

【0228】本発明による透明基板の厚さの異なる複数の光情報記録媒体に対して情報の記録および／または再生が可能な対物レンズでは、少なくとも1つの面に設けた回折構造の作用により透明基板の厚さの違いにより発生する球面収差を補正する。このとき、請求項66の条件式(32)を満たすように対物レンズの回折構造の2次の光路差関数係数を選び、対物レンズの軸上色収差を回折構造により補正しない、あるいは長波長領域において対物レンズで発生する軸上色収差が補正過剰になり過ぎない程度に短波長領域における軸上色収差を補正するとよい。これにより、回折構造が軸上色収差補正の役割を大きくもつことがないので、回折構造の負担を軽減でき、輪帯間隔が大きく輪帯数が少ない回折効率の高い回折レンズを製造しやすい。

【0229】請求項67によれば、光ピックアップ装置で発生するコマ収差を小さく抑えるために、透明基板厚を0.2mm以下と小さくすることが有効であるが、透明基板厚さの異なる複数の光情報記録媒体に対して、その情報記録面にそれぞれ良好なスポットを形成するような波長特性をもつ回折面を対物レンズに設けることにより、透明基板厚さの大きな従来の光情報記録媒体も同一の光ピックアップ装置で記録・再生することが可能となる。また、上記回折面の作用により、異なる2波長の領域の各々に対して、ある1つの同次数の回折光により軸上色収差を補正する場合、バランスよく補正することが必要である。すなわち、600nm～800nmの比較

的長波長の領域に対し、500nm以下の短波長領域では、軸上色収差は対物レンズで大きく発生する。従って、500nm以下の短波長領域で軸上色収差をほぼ完全に補正した場合、600nm～800nmの長波長の領域では、軸上色収差は補正過剰になりすぎてしまう。逆に、600nm～800nmの長波長の領域で軸上色収差をほぼ完全に補正した場合、500nm以下の短波長領域では軸上色収差は補正不足になりすぎてしまう。このとき、条件式(33)を満たすように、屈折レンズの屈折パワー及び対物レンズのアップ数に対して、回折面の回折パワーを設定すると、短波長領域と長波長領域の各々に対して軸上色収差を良好に補正することが出来る。条件式(33)の下限以上で長波長領域で軸上色収差が補正過剰になりすぎず、上限以下で短波長領域で軸上色収差が補正不足になり過ぎない。

【0230】請求項68によれば、条件式(34)を満足すると、屈折作用により生じる軸上色収差を小さく抑えられるので、上記回折構造で異なる2波長の領域の各々に対して軸上色収差を補正した場合に、2次スペクトルを小さく抑えることができる。

【0231】請求項69によれば、対物レンズの色収差が条件式(35)を満たすと、レーザ光源のモードホップ現象による発振波長変動や高周波重畳に対する波面収差の劣化を小さく抑えることが出来る。

【0232】請求項70にあるように、波長 $\lambda_1$ と透明基板の厚さ $t_1$ と像側開口数 $NA_1$ の組み合わせに対して球面収差が良好に補正されている対物レンズにおいて、波長 $\lambda_2$ と透明基板の厚さ $t_2$ と像側開口数 $NA_2$ の組み合わせに対して必要な開口数 $NA_2$ の範囲までの球面収差を前記回折構造の作用によって補正し、開口数 $NA_2$ から $NA_1$ までの範囲は球面収差をフレア成分として大きく発生させておくことが好ましい。波長 $\lambda_2$ の光束を、波長 $\lambda_1$ と開口数 $NA_1$ で決まる絞り全てを通過するように入射させた際、スポットの結像に寄与しない開口数 $NA_2$ 以上の光束は情報記録面上でスポット径が小さくなりすぎないので、光ピックアップ装置の受光手段での不要信号の検出を防ぐことができ、さらにそれぞれの波長と開口数の組み合わせに対応した絞りを切り替えるための手段を設ける必要がなくなるので簡易な光ピックアップ装置の実現に寄与できる。また、波長 $\lambda_2$ の光束を、前記透明基板の厚さ $t_2$ を有する光情報記録媒体に対して前記 $NA_1$ 内で波面収差が0.20 $\lambda_2$ 以上の状態で集光させることがより好ましい。

【0233】請求項71の条件式(36)は回折構造の輪帯間隔すなわち光軸に垂直な方向の輪帯間の間隔に関する。光路差関数が2次の光路差関数係数(回折面係数ともいう)しか有しないならば、 $(Ph/Pf) - 2 = 0$ となるが、本発明では透明基板厚さの違いによって生じる球面収差の差を回折の作用により良好に補正するために、光路差関数の高次の光路差関数係数を用いること

が好ましい。このとき、 $(Ph/Pf) - 2$ が0からある程度離れた値をとることが好ましく、条件式(36)の下限以上で高次の球面収差を補正する回折の作用が強くなるので、透明基板厚さの違いによって生じる2波長間の球面収差の差を良好に補正することができる。上限以下で回折構造の輪帯間隔が小さくなりすぎず、回折効率の高い回折レンズを製造しやすい。

【0234】請求項72のように、対物レンズの材料をプラスチックとすることで、安価に大量生産することが出来る。また、回折構造を容易に設けることが出来る。さらに、軽量であるので、フォーカシング機構への負担を軽減することが出来る。プラスチック材料としては、アップ数が大きく、波長500nm以下での透過率が大きく、複屈折が小さく、吸水率が小さいことが好ましいので、ポリオレフィン系樹脂が望ましい。特にポリオレフィン系のノルボルネン系樹脂が望ましい。

【0235】請求項74のように材料を選ぶと、対物レンズが空気中の水分を吸収する過程においてレンズ内に吸水率の差によって屈折率分布が生じにくく、それによる収差を小さくすることができる。特に $NA$ が大きいと、収差の発生は大きくなる傾向があるが、上記のようにすると十分小さくすることができる。

【0236】請求項75のように使用波長範囲で材料の3mm厚に対する内部透過率が85%以上のものを材料とすると、使用波長を500nm以下の短波長としても記録光の強度が十分得られ、また読み出し時に対物レンズを往復で通過してもセンサへ入射する光量が十分得ることができ、読み出し信号の $S/N$ 比を良くすることができる。また、使用波長が500nm以下、特に400nm程度になると吸収によるレンズ材料の劣化が無視できなくなるが、上記条件を満たした材料を用いた対物レンズとすれば劣化の影響は僅かとなり、半永久的に使用が可能となる。

【0237】請求項76は、対物レンズの中心厚さが設計値に対して誤差を持った際、対物レンズで発生する球面収差の3次成分と5次以上の高次成分とのバランスに関し、高 $NA$ の対物レンズでは、中心厚さの僅かな誤差に対しても、発生する球面収差の量は大きくなりがちであるので、許容される中心厚さ誤差は数 $\mu m$ と非常に小さい。しかし、モールドレンズの場合、安定して数 $\mu m$ 以下の中心厚さ誤差を得ることは難しい。一方、本発明による集光光学系ではカップリングレンズを光軸方向に沿って動かして対物レンズに入射する光束の発散角を変えることにより、集光光学系で発生する球面収差のうち3次の球面収差成分を補正することができる。したがって、対物レンズの球面収差が条件式(43)を満たしていれば、たとえ対物レンズの中心厚さが設計値に対して微少な誤差をもっている場合でもカップリングレンズを光軸方向に沿って適切な量だけ動かせば3次の球面収差成分を除去することができるので、集光光学系全系の残存球面

収差量を小さく抑えることが出来る。。

【0238】請求項77は、透明基板の厚さが異なる任意の光情報記録媒体に対して異なる波長で情報の記録または再生を行うことのできる集光光学系であって、対物レンズで発生する軸上色収差の変動及びカップリングレンズ及び対物レンズを含む集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を良好に補正可能な集光光学系に関し、カップリングレンズを光軸に沿って可動とすることで、集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を補正することが可能である。すなわち、集光光学系の球面収差がオーバー或いはアンダー側に変動した場合、カップリングレンズを光軸方向に適切な量だけ変移させることで、対物レンズに入射する光束の発散角を変える。これにより対物レンズを透過する波面に対し、集光光学系全体で発生する球面収差と逆の極性の球面収差を発生させることが出来る。その結果、焦点を縮んだときの波面は球面収差がキャンセルされた状態になり、集光光学系全体として良好に球面収差を補正することが出来る。さらに、それぞれの光情報記録媒体に対して記録および／または再生を行う際の波長の差による回折作用の差を利用して、透明基板の厚さの違いにより発生する球面収差を補正する。その際、波長 $\lambda 1$ の光束を透明基板の厚さ $t 1$ を有する光情報記録媒体に対して像側開口数 $NA 1$ 内で波面収差が0.07 $\lambda 1$ の状態での情報記録面に集光でき、かつ波長 $\lambda 2$ の光束を透明基板の厚さ $t 2$ を有する光情報記録媒体に対して像側開口数 $NA 2$ 内で波面収差が0.07 $\lambda 2$ の状態での情報記録面に集光できるように球面収差を補正すれば、より高密度な光情報記録媒体と従来の比較的低密度な光情報記録媒体の両方に対して安定した情報の記録および／または再生を行うことができる。この回折構造は対物レンズに設けても良いし、カップリングレンズに設けても良い。また、集光光学系中の対物レンズとカップリングレンズ以外の光学素子に設けても良いし、集光光学系中のいくつかの光学面に設けても良い。また、波長 $\lambda 2$ の光束を対物レンズに対し発散光入射とすると、例えば透明基板厚さ $t 2 = 0.6 \text{ mm}$ の情報記録媒体を記録再生する際のワーキングディスタンスを大きく確保できる。

【0239】請求項78にあるように、波長 $\lambda 1$ と透明基板の厚さ $t 1$ と像側開口数 $NA 1$ の組み合わせに対して球面収差が良好に補正されている集光光学系において、波長 $\lambda 2$ と透明基板の厚さ $t 2$ と像側開口数 $NA 2$ の組み合わせに対して必要な開口数 $NA 2$ の範囲までの球面収差を前記回折構造の作用によって補正し、開口数 $NA 2$ から $NA 1$ までの範囲は球面収差をフレア成分として大きく発生させておくことが好ましい。波長 $\lambda 2$ の光束を、波長 $\lambda 1$ と開口数 $NA 1$ で決まる絞りを全てを通過するように入射させた際、スポットの結像に寄与しない開口数 $NA 2$ 以上の光束は情報記録面上でスポット径が小さくなりすぎないので、光ピックアップ装置の受光

手段での不要信号の検出を防ぐことができ、さらにそれぞれの波長と開口数の組み合わせに対応した絞りを切り替えるための手段を設ける必要がなくなるので簡易な光ピックアップ装置の実現に寄与できる。また、波長 $\lambda 2$ の光束を、前記透明基板の厚さ $t 2$ を有する光情報記録媒体に対して前記 $NA 1$ 内で波面収差が0.20 $\lambda 2$ 以上の状態で集光させることがより好ましい。

【0240】請求項79によれば、集光光学系の回折構造により対物レンズで発生する色収差を補正できる。この回折構造は対物レンズで発生する軸上色収差に加え、集光光学系中の対物レンズ以外の光学要素で発生する軸上色収差も補正することが好ましい。さらに、この色収差の補正は、請求項80のように、カップリングレンズにより行うことができる。このカップリングレンズは、請求項81のように、相対的にアッペ数の大きい正レンズと相対的にアッペ数の小さい負レンズを接合した1群2枚構成であることにより簡易な構成で対物レンズで発生する軸上色収差を補正することができ、また、請求項82のように、カップリングレンズが回折構造を有することにより、特にプラスチック非球面レンズに回折構造を付加することで、単玉という簡易な構成で色収差を補正できる。このカップリングレンズの色収差補正機能は対物レンズで発生する軸上色収差に加え、集光光学系中の対物レンズ以外の光学要素で発生する軸上色収差も補正することが好ましい。

【0241】請求項83は、カップリングレンズと対物レンズとの合成系の、長波長領域と短波長領域の各々に対する軸上色収差に関し、条件式(44)をを満たしていれば、レーザ光源のモードホップ現象による発振波長変動や高周波重畳に対する波面収差の劣化を小さく抑えることが出来る。

【0242】請求項86によれば、透明基板厚さが異なる2種類の光情報記録媒体による記録または再生時に集光光学系全体として良好に球面収差を補正することが出来る。

【0243】請求項87によれば、光源の半導体レーザの発振波長が基準波長から変動した場合、集光光学系ではオーバー或いはアンダーな球面収差が発生するが、カップリングレンズを光軸方向に適切な量だけ変移させることで対物レンズに入射する光束の発散角を変えることにより、集光光学系で生じた球面収差の変動をキャンセルすることが出来る。

【0244】請求項88によれば、温度或いは湿度が変化し、この温湿度変化に起因して集光光学系でオーバー或いはアンダーな球面収差が発生した場合、カップリングレンズを光軸方向に適切な量だけ変移させることで対物レンズに入射する光束の発散角を変えることにより、集光光学系で生じた球面収差の変動をキャンセルすることが出来る。

【0245】請求項89は、光情報記録媒体の保護層

(透明基板)の厚み誤差に起因して、集光光学系で発生する球面収差の補正に関し、保護層が厚くなる方向に誤差を持つ場合、集光光学系ではオーバーな球面収差が、薄くなる方向に誤差を持つ場合、アンダーな球面収差が発生する。このとき、カップリングレンズを光軸方向に適切な量だけ変移させることで対物レンズに入射する光束の発散角を変えることにより、集光光学系で生じた球面収差の変動をキャンセルすることが出来る。

【0246】請求項90は、レーザ光源の発振波長の微小な変動、温湿度変化、及び光情報記録媒体の保護層の厚みの微小な変動のうち少なくとも2つ以上の組み合わせに起因して、集光光学系で発生した球面収差の補正に関し、この場合も、カップリングレンズを光軸方向に適切な量だけ変移させることで対物レンズに入射する光束の発散角を変えることにより、集光光学系で生じた球面収差の変動をキャンセルすることが出来る。

【0247】請求項91のように、対物レンズとの間隔を増加させるようにカップリングレンズを光軸方向に沿って変移させれば、対物レンズには変移させる前に比べて発散光が入射するので、対物レンズではアンダーな球面収差を発生させることが出来る。従って、上述の原因に起因して、集光光学系でオーバーな球面収差が発生した場合、適切な量だけカップリングレンズを変移させ対物レンズとの間隔を増加させれば、発生したオーバーな球面収差をちょうどキャンセルすることが出来る。逆に、対物レンズとの間隔を減少させるようにカップリングレンズを光軸方向に沿って変移させれば、対物レンズには変移させる前に比べて収束光が入射するので、対物レンズではオーバーな球面収差を発生させることが出来る。従って、上述の原因に起因して、集光光学系でアンダーな球面収差が発生した場合、適切な量だけカップリングレンズを変移させ対物レンズとの間隔を減少させれば、発生したアンダーな球面収差をちょうどキャンセルすることが出来る。

【0248】請求項92は、対物レンズで発生する軸上色収差の変動及びカップリングレンズ及び対物レンズを含む集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を良好に補正可能な光ピックアップ装置に関し、カップリングレンズを第2の駆動装置により光軸に沿って変移させることで、集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を補正することができる。すなわち、集光光学系の球面収差がオーバー或いはアンダー側に変動した場合、カップリングレンズを光軸方向に適切な量だけ変移させることで、対物レンズに入射する光束の発散角を変える。これにより対物レンズを透過する波面に対し、集光光学系全体で発生する球面収差と逆の極性の球面収差

を発生させることが出来る。その結果、焦点を縮んだときの波面は球面収差がキャンセルされた状態になり、集光光学系全体として、良好に球面収差を補正することが出来る。また、集光光学系中に設けた回折構造により、透明基板の厚さの異なる複数の光情報記録媒体に対して記録および/または再生を行う際の波長の差による回折作用の差を利用して、透明基板の厚さの違いにより発生する球面収差を補正する。さらに、集光光学系中に設けた回折構造および/またはカップリングレンズの色収差補正機能により集光光学系で発生する軸上色収差を良好に補正する。これにより、透明基板の厚さの異なる複数種類の光情報記録媒体を異なる波長で同一の光ピックアップ装置で良好に記録・再生することが可能となる。第2の駆動装置はカップリングレンズを光軸方向に沿って変移させるが、実際の光ピックアップ装置では、再生信号のRF振幅などをモニターしながら、集光光学系で発生した球面収差が最適に補正されるようにカップリングレンズを変移させる。この第2の駆動装置としては、ボイスコイル型アクチュエーターやピエゾアクチュエーターなどを用いることが出来る。

【0249】請求項93によれば、音声、画像の記録装置・再生装置が上述の光ピックアップ装置を搭載したことにより、透明基板の厚さが異なる任意の光情報記録媒体に対して異なる波長で音声、画像の記録または再生を良好に行うことができる。

【0250】

【発明の実施の形態】以下、本発明による実施の形態及び実施例のレンズについて説明する。本実施の形態のレンズにおける非球面は光軸方向をX軸、光軸に垂直な方向の高さをh、屈折面の曲率半径をrとするとき次式の数1で表す。但し、Kを円すい係数、A<sub>2i</sub>を非球面係数とする。

【0251】

【数1】

$$X = \frac{h^2/r}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)h^2/r^2}} + \sum_{i=1}^{\infty} A_{2i} h^{2i}$$

【0252】また、本実施の形態のレンズにおける回折面は光路差関数Φ<sub>b</sub>として次式の数2により表すことができる。ここで、hは光軸に垂直な高さであり、b<sub>2j</sub>は光路差関数の係数であり、nは回折面で発生する回折光のうち最大の回折光量を有する回折光の回折次数である。

【0253】

【数2】

$$\Phi_b = n \cdot \sum_{j=1}^{\infty} b_{2j} h^{2j}$$

## 【0254】

【実施例】実施例1～9の一覧表を表1、表2に示す。  
表1は短波長、高開口数で高密度記録の可能な光情報記録媒体用集光光学系（対物レンズとカップリングレンズを含む）の実施例1、2、7、8を示し、表2はかかる高密度記録の可能な光情報記録媒体と比較的低密度記録\*

実施例一覧表1(HD-DVD)

実施例	1	2	7	8
波長(nm)	405	405	405	405
対物レンズの焦点距離(mm)	1.765	1.765	1.765	1.765
対物レンズの像側開口数	0.85	0.85	0.85	0.85
(対物レンズ)				
$fD/f$	16.1	56.8	16.1	14.9
$\lambda \cdot f \cdot \Sigma (n_i / (M_i \cdot P_i^2))$	0.51	0.05	0.51	0.49
$ \Delta fB \cdot NA^2 $	0.006	0.146	0.006	0.022
$\lambda \cdot b_L \cdot (h_{max})^4 / (f \cdot NA^4)$	-31.5	-5.1	-31.5	-37.6
$ (Ph/Pf)-2 $	2.38	0.42	2.38	4.39
$ \Delta SA $	0.04	1.84	0.04	0.08
$ \Delta 3SA/\Delta 5SA $ (ただし、中心厚さ誤差を+5 $\mu m$ とした)	1.1	1.4	1.1	9.7
(合成系)				
$ \Delta fB \cdot NA^2 $	0.064	0.081	0.055	0.038

## 【0256】

## 20 【表2】

実施例一覧表2(HD-DVD/DVD互換)

実施例	3	4	5	6	9
波長(nm)	405	405	405	405	405
( $\lambda 1$ )	405	405	405	405	405
( $\lambda 2$ )	655	655	655	655	655
対物レンズの焦点距離(mm)	1.765	1.765	1.765	1.765	1.765
(f1)	1.765	1.765	1.765	1.765	1.765
(f2)	1.790	1.786	1.797	1.797	1.802
対物レンズの像側開口数	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
(NA1)	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
(NA2)	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
(対物レンズ)					
$(f/vd) \cdot fD$	1.4	2.2	$\infty$	$\infty$	$\infty$
$\nu d$	56.5	81.6	56.5	56.5	56.5
$b_L/\lambda 1$	-27.2	-12.4	0.0	0.0	0.0
$ (Ph/Pf)-2 $	3.94	5.85	24.80	24.80	7.01
$ \Delta 3SA/\Delta 5SA $ ( $\lambda 1$ )	0.2	20.2	0.012	0.012	48.3
(ただし、中心厚さ誤差を+5 $\mu m$ とした) ( $\lambda 2$ )	13.8	56.8	9.3	9.3	25.8
(合成系)					
$ \Delta fB \cdot NA^2 $ ( $\lambda 1$ )	0.140	0.153	0.060	0.060	0.071
( $\lambda 2$ )	0.048	0.012	0.013	0.013	0.028

【0257】また、各実施例1～9のレンズデータを表3～表11にそれぞれ示す。

【0258】また、表3、4、9、10のレンズデータにおいて、 $NA_{OBJ}$ は対物レンズの像側開口数、 $f_{OBJ}$ は波長 $\lambda$ における対物レンズの焦点距離(mm)、 $f_{OBJ}+COL$ は波長 $\lambda$ における対物レンズとカップリングレンズとの合成系の焦点距離(mm)、 $\lambda$ は光源の波長を表す。

【0259】また、表3、4、9、10のレンズデータにおいて、回折面係数の基準波長（ブレイズド化波長）は、光源の波長 $\lambda$ に一致する。

【0260】また、表3、4、9、10のレンズデータにおいて、回折面係数は1次回折光が他のいずれの次数の回折光よりも大きい回折光量を有するように決定したが、2次以上の高次の回折光が他のいずれの次数の回折光よりも大きい回折光量を有するようにしてもよい。

【0261】また、表5、6、7、8、11のレンズデ

\*の光情報記録媒体とに対し互換性のある集光光学系（対物レンズとカップリングレンズを含む）の実施例3、

4、5、6、9を示し、表1及び表2には上述の各条件式に関する値を示す。

## 【0255】

## 【表1】

ータにおいて、 $NA_{OBJ}$ は、透明基板厚さの小さい高密度な光情報記録媒体に対し、波長 $\lambda 1$ の光を用いて情報を記録及び再生を行うのに必要な対物レンズの像側開口数、 $f_{OBJ}$ は波長 $\lambda 1$ における対物レンズの焦点距離(mm)、 $f_{OBJ}+COL$ は波長 $\lambda 1$ における対物レンズとカップリングレンズとの合成系の焦点距離(mm)を表す。さらに、 $NA_{2OBJ}$ は、透明基板厚さの大きい従来の光情報記録媒体に対し、波長 $\lambda 2$ の光を用いて情報を記録及び再生を行うのに必要な対物レンズの像側開口数、 $f_{2OBJ}$ は波長 $\lambda 2$ における対物レンズの焦点距離(mm)、 $f_{2OBJ}+COL$ は波長 $\lambda 2$ における対物レンズとカップリングレンズとの合成系の焦点距離(mm)を表す。

【0262】また、表5、6、7、8、11のレンズデータにおいて、回折面係数の基準波長（ブレイズド化波長）は、波長 $\lambda 1$ に一致するので、波長 $\lambda 1$ の光の回折光量が最大となるが、波長 $\lambda 2$ を回折面係数の基準波長

とし、波長 $\lambda 2$ の光の回折光量が最大となるようにしてもよく、あるいは波長 $\lambda 1$ の光の回折光量と波長 $\lambda 2$ の回折光量とのバランスがとれる波長を回折面係数の基準波長としてもよい。いずれの場合でも、若干の設計変更で本発明の対物レンズや集光光学系を構成することができる。

【0263】また、表5、6、7、8、11のレンズデ\*

#### 実施例1

NAOBJ=0.85, fobj=1.765, fobj+ccl=5.164,  $\lambda=405\text{nm}$

面No	備考	r(mm)	d(mm)	Nd	2 $\theta$
	光源		d0(可変)		
1	カップリング	45.106	1.200	1.52491	56.5
2	レンズ	-5.886	d2(可変)		
	絞り				
3	対物レンズ	1.258	2.620	1.52491	56.5
4		-1.023	0.330		
5	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
6		$\infty$			

#### 非球面係数

面No	1	2	3	4
K	4.76958E+02	-1.44321E+00	-7.06310E-01	-3.22309E+01
A4	2.08642E-03	1.74134E-03	1.88910E-02	2.02088E-01
A6	2.44614E-03	1.36412E-03	-1.25940E-03	-3.95843E-01
A8	4.12150E-04	7.91018E-04	4.31290E-03	2.86204E-01
A10	-5.23956E-04	-4.31024E-04	-3.15230E-04	-7.15179E-02
A12			-8.10230E-04	-2.52269E-04
A14			6.17850E-05	
A16			1.70380E-04	
A18			-7.79150E-06	
A20			-1.83970E-05	

#### 回折面係数

面No	3
b2	-1.76010E-02
b4	-2.32030E-03
b6	-2.16920E-04
b8	-2.47650E-05
b10	-9.47770E-05

【0265】

【表4】

\*一タにおいて、回折面係数は1次回折光が他のいずれの次数の回折光よりも大きい回折光量を有するように決定したが、2次以上の高次の回折光が他のいずれの次数の回折光よりも大きい回折光量を有するようにしてもよい。

【0264】

【表3】



## 実施例2

NAOBJ=0.85, fobj=1.765, fobj+COL=4.873,  $\lambda=405\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N <sub>d</sub>	2 $\theta$
	光源		d0(可変)		
1	カップリング	$\infty$	1.000	1.52491	56.5
2	レンズ	-5.587	d2(可変)		
	絞り				
3	対物レンズ	1.247	2.750	1.52491	56.5
4		-0.861	0.330		
5	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
6		$\infty$			

## 非球面係数

面No	2	3	4
K	1.17826E+00	-7.02710E-01	-2.73840E+01
A4	-1.14184E-03	2.07930E-02	1.37781E-01
A6	6.78704E-04	-2.59850E-03	-3.28321E-01
A8	4.40725E-05	4.99190E-03	2.62905E-01
A10	-2.40347E-06	-2.27860E-04	-7.81153E-02
A12		-9.53320E-04	-2.52269E-04
A14		4.64040E-05	
A16		1.75530E-04	
A18		2.14300E-05	
A20		-2.99900E-05	

## 回折面係数

面No	1	3
b2	-1.30000E-02	-4.98930E-03
b4	1.76520E-03	-3.75970E-04
b6	-5.55960E-04	

【0266】

【表5】

## 実施例3

NA1OBJ=0.85, f1OBJ=1.765, f1OBJ-COL=2.469,  $\lambda 1=405\text{nm}$ NA2OBJ=0.65, f2OBJ=1.790, f2OBJ-COL=8.582,  $\lambda 2=655\text{nm}$ 

面No	備考	r (mm)	d (nm)	N11	N22	d2
	光源		d0(可変)			
1	カップリング	-142.897	1.000	1.52491	1.50673	56.5
2	レンズ	-6.048	d2(可変)			
	絞り		-0.700			
3	対物レンズ	1.203	2.497	1.52491	1.50673	56.5
4		-1.207	d4(可変)			
5	透明基板	$\infty$	d5(可変)	1.61950	1.57762	30.0
6		$\infty$				

## 非球面係数

面No	1	2	3	4
K	-3.11406E+02	-6.65824E-01	-6.83350E-01	-2.62758E+01
A4	-9.81862E-05	2.84851E-04	1.62030E-02	2.91992E-01
A6	3.15053E-04	-1.97095E-04	1.54910E-03	-5.13328E-01
A8	-2.71583E-04	1.29536E-05	2.89290E-03	4.15634E-01
A10	-1.05463E-04	-9.64917E-05	-3.67710E-04	-1.37436E-01
A12			-3.58220E-04	-2.52265E-04
A14			1.48420E-04	
A16			1.19600E-04	
A18			-3.02300E-05	
A20			-1.10520E-05	

## 回折面係数

面No	3
b2	-1.10020E-02
b4	-1.98240E-03
b6	3.36800E-04
b8	-9.68610E-05
b10	-4.23910E-04
b12	2.23190E-04
b14	-2.34820E-05
b16	-9.27570E-06

	$\lambda 1=405\text{nm}$	$\lambda 2=655\text{nm}$
d0(可変)	11.340	5.675
d2(可変)	4.660	10.325
d4(可変)	0.377	0.200
d5(可変)	0.100	0.600

【0267】

【表6】

## 実施例4

NA108J=0.85, f108J=1.765, f108J+CDL=2.678,  $\lambda 1=405\text{nm}$ NA208J=0.65, f208J=1.785, f208J+CDL=5.514,  $\lambda 2=655\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N <sub>11</sub>	N <sub>12</sub>	N <sub>2</sub>
	光源		d0(可変)			
1	カップリング レンズ	80.000	1.000	1.52491	1.50873	56.5
2		-5.208	d2(可変)			
	絞り		-0.700			
3	対物レンズ	1.153	2.492	1.50716	1.49517	81.6
4		-1.112	d4(可変)			
5	透明基板	$\infty$	d5(可変)	1.61950	1.57752	30.0
6		$\infty$				

## 非球面係数

面No	1	2	3	4
K	1.61326E+03	-1.74124E+00	-5.94860E-01	-1.92732E+01
A4	3.66848E-03	2.12455E-03	6.00960E-03	4.40415E-01
A6	-1.88619E-03	-1.01374E-03	9.35700E-04	-7.43189E-01
A8	-9.40734E-04	-7.37020E-04	2.30890E-03	6.33176E-01
A10	3.28479E-04	2.06247E-04	1.69380E-04	-2.21099E-01
A12			-1.78190E-04	-2.52284E-04
A14			1.27650E-04	
A16			8.23410E-05	
A18			-2.90430E-05	
A20			-2.04210E-06	

## 回折面係数

面No	3
b2	-5.01150E-03
b4	-2.53300E-03
b6	5.00850E-05
b8	3.46760E-04
b10	-4.42280E-04
b12	2.16610E-04
b14	-1.33480E-05
b16	-1.56770E-05

	$\lambda 1=405\text{nm}$	$\lambda 2=655\text{nm}$
d0(可変)	8.721	5.339
d2(可変)	4.279	7.661
d4(可変)	0.390	0.224
d5(可変)	0.100	0.600

## 実施例5

NA10BJ=0.85, f10BJ=1.765, f10BJ+COL=2.648,  $\lambda 1=405\text{nm}$ NA20BJ=0.65, f20BJ=1.797, f20BJ+COL=31.840,  $\lambda 2=655\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda 1$	N $\lambda 2$	2 $\theta$
	光源		d0(可変)			
1	カップリング	169.824	1.000	1.52491	1.50678	58.5
2	レンズ	-8.114	d2(可変)			
	絞り		-0.700			
3	対物レンズ	1.178	2.658	1.52491	1.50673	56.5
4		-0.969	d4(可変)			
5	透明基板	$\infty$	d5(可変)	1.61950	1.57752	30.0
6		$\infty$				

## 非球面係数

面No	1	2	3	4
K	6.45250E+03	-1.04200E+01	-7.83080E-01	-1.64943E+01
A4	5.63484E-03	1.53020E-03	2.01730E-02	4.02751E-01
A6	-1.26858E-03	2.37210E-04	-1.84080E-03	-8.51255E-01
A8	-1.84810E-04	-6.06150E-04	7.06100E-03	8.29676E-01
A10	-2.11675E-04	-3.10200E-05	-6.87170E-04	-3.27665E-01
A12			-9.64340E-04	-2.52266E-04
A14			-6.64990E-05	
A16			2.60470E-04	
A18			4.70690E-05	
A20			-4.45290E-05	

## 回折面係数

面No	2	3
b2	-1.80000E-02	0.00000E+00
b4	-1.44700E-08	-1.70020E-03
b6		-1.19540E-03
b8		1.24950E-03
b10		-6.48240E-05
b12		-2.32140E-04
b14		-1.08670E-04
b16		6.76630E-05
b18		2.90890E-05
b20		-1.37010E-05

	$\lambda 1=405\text{nm}$	$\lambda 2=655\text{nm}$
d0(可変)	9.000	4.532
d2(可変)	4.000	8.468
d4(可変)	0.333	0.202
d5(可変)	0.100	0.600

【0269】

【表8】

## 実施例6

NA1OBJ=0.85, f1OBJ=1.765, f1OBJ+COL=3.251,  $\lambda_1=405\text{nm}$ NA2OBJ=0.65, f2OBJ=1.797, f2OBJ+COL=62.720,  $\lambda_2=655\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N11	入力2	出力
	光源		d0(可変)			
1	カップリング レンズ	-48.480	1.000	1.91409	1.83665	1.939
2		2.316	2.100	1.71548	1.68962	53.9
3		-3.725	d3(可変)			56.5
	絞り		-0.700			
4	対物レンズ	1.178	2.658	1.52491	1.50673	
5		-0.969	d4(可変)			30.0
6		$\infty$	d5(可変)	1.61950	1.57752	
7	透明基板	$\infty$				

## 非球面係数

面No	3	4	5
K	3.13672E-01	-7.83080E-01	-1.64943E+01
A4	-5.12334E-04	2.01730E-02	4.02751E-01
A6	-4.76439E-04	-1.84080E-03	-8.51255E-01
A8	1.19244E-04	7.06100E-03	8.29676E-01
A10	-4.60848E-05	-6.87170E-04	-3.27665E-01
A12		-9.64340E-04	-2.52266E-04
A14		-6.64990E-05	
A16		2.60470E-04	
A18		4.70690E-05	
A20		-4.45290E-05	

## 回折面係数

面No	4
b2	0.00000E+00
b4	-1.70020E-03
b6	-1.19540E-03
b8	1.24950E-03
b10	-6.48240E-05
b12	-2.32140E-04
b14	-1.08670E-04
b16	6.76630E-05
b18	2.90890E-05
b20	-1.37010E-05

	$\lambda_1=405\text{nm}$	$\lambda_2=655\text{nm}$
d0(可変)	6.172	2.684
d2(可変)	6.058	9.546
d4(可変)	0.333	0.202
d5(可変)	0.100	0.600

【0270】

【表9】

## 実施例7

NAOBJ=0.85, fOBJ=1.765, fOBJ+COL=2.596,  $\lambda=405\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N <sub>d</sub>	2 $\theta$
	光源		d0(可変)		
1	カップリング	-19.157	1.200	1.52491	56.5
2	レンズ	-4.786	d2(可変)		
	絞り		-1.000		
3	対物レンズ	1.258	2.620	1.52491	56.5
4		-1.023	d4(可変)		
5	透明基板	$\infty$	d5(可変)	1.61950	30.0
6		$\infty$			

## 非球面係数

面No	1	2	3	4
$\kappa$	-4.20298E+02	-6.14122E+00	-7.06310E-01	-3.22309E+01
A4	9.48753E-03	4.31052E-03	1.88910E-02	2.02088E-01
A6	2.33804E-03	1.70530E-03	-1.25940E-03	-3.95843E-01
A8	-6.19699E-04	1.54552E-04	4.31290E-03	2.86204E-01
A10	-1.45759E-04	-3.70791E-04	-3.15230E-04	-1.71518E+00
A12	-1.08084E-03	-1.26068E-05	-8.10230E-04	-2.52269E-04
A14			6.17850E-05	
A16			1.70380E-04	
A18			-7.79150E-06	
A20			-1.83970E-05	

## 回折面係数

面No	3
b2	-1.76010E-02
b4	-2.32030E-03
b6	-2.16920E-04
b8	-2.47650E-05
b10	-9.47770E-05

	第1層	第2層
d0(可変)	10.755	8.913
d2(可変)	5.245	7.087
d4(可変)	0.330	0.315
d5(可変)	0.100	0.200

【0271】

30 【表10】

## 実施例8

NAOBJ=0.85, fOBJ=1.765, fOBJ+COL=4.201,  $\lambda=405\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N <sub>d</sub>	$\sigma$ ( $\mu\text{m}$ )
	光源		d0(可変)		
1	カップリング	-12.906	1.200	1.52491	56.5
2	レンズ	-3.960	d2(可変)		
	絞り				
3	対物レンズ	1.239	2.580	1.52491	56.5
4		-1.094	0.324		
5	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
6		$\infty$			

## 非球面係数

面No	1	2	3	4
$\kappa$	-4.22516E+01	-6.08455E-01	-6.87700E-01	-3.05930E+01
A4	2.58228E-03	2.24042E-03	1.60060E-02	3.13367E-01
A6	2.04663E-04	9.96475E-04	1.55150E-03	-6.06995E-01
A8	3.85055E-04	-2.64016E-04	2.24570E-03	5.84353E-01
A10	-6.85899E-04	-1.99861E-04	-2.41620E-04	-2.30239E-01
A12			-2.54760E-04	-2.52265E-04
A14			1.30460E-04	
A16			8.28930E-05	
A18			-3.98270E-05	
A20			2.17190E-06	

## 回折面係数

面No	3
b2	-1.90240E-02
b4	-2.43290E-03
b6	-5.93170E-04
b8	-5.42320E-05
b10	-3.14260E-05

【0272】

【表11】

## 実施例9

NA108J=0.85, f108J=1.765, f108J+COL=3.6281,  $\lambda 1=405\text{nm}$ NA208J=0.65, f208J=1.803, f208J+COL=24.491,  $\lambda 2=655\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N21	N22	N23
	光源		d0(可変)			
1	カップリング	$\infty$	1.000	1.52491	1.50673	56.5
2	レンズ	-7.594	d2(可変)			
	絞り		-1.000			
3	対物レンズ	1.163	2.540	1.52491	1.50673	56.5
4		-1.130	d4(可変)			
5	透明基板	$\infty$	d5(可変)	1.61950	1.57752	30.0
6		$\infty$				

## 非球面係数

面No	2	3	4
K	9.88027E-01	-7.01050E-01	-3.54158E+01
A4	-5.00008E-04	1.25090E-02	2.80086E-01
A6	2.42635E-05	6.21250E-03	-3.97196E-01
A8	-3.01114E-05	2.89830E-03	2.48929E-01
A10	7.34415E-06	-5.49800E-04	-5.19453E-02
A12		-3.59630E-04	-2.52259E-04
A14		1.45510E-04	
A16		1.20140E-04	
A18		-2.71410E-05	
A20		-1.05650E-06	

## 回折面係数

面No	1	3
b2	-1.93670E-02	0.00000E+00
b4	7.31090E-04	-5.27370E-03
b6		3.34910E-03
b8		-9.67370E-04
b10		-2.72710E-04
b12		1.37710E-04
b14		-3.66100E-05
b16		9.87600E-06

	$\lambda 1 = 405\text{nm}$	$\lambda 2 = 655\text{nm}$
d0(可変)	9.000	5.408
d2(可変)	6.000	9.592
d4(可変)	0.376	0.210
d5(可変)	0.100	0.600

## 【0273】(実施例1)

【0274】実施例1では、対物レンズの光源側の面に回折構造を設けることにより対物レンズで発生する軸上色収差及び色の球面収差を良好に補正している。実施例1では、対物レンズの軸上色収差をほぼ完全に補正しているが、対物レンズの軸上色収差を補正過剰にすることで、カップリングレンズで発生する軸上色収差を対物レンズでちょうどキャンセルすることも可能である。また、対物レンズ及びカップリングレンズにプラスチック材料を用いることで、集光光学系全体の軽量化、フォーカシング機構或いはカップリングレンズ変移装置(駆動装置)の負担の軽減を図っている。図1に実施例1の集光光学系の光路図を示し、図2に球面収差図を示す。

【0275】また、後掲の表12に様々な原因に起因して集光光学系で発生した球面収差の変動をカップリングレンズを光軸に沿って動かすことで補正した結果を示す。この表12からわかるように、実施例1の集光光学系では、レーザ光源の波長変動、温度変化、透明基板厚さ誤差に起因して発生した球面収差を良好に補正することが出来る。さらに、対物レンズの中心厚さ誤差により発生した球面収差変動も良好に補正することが出来る。

## 【0276】(実施例2)

【0277】実施例2では、カップリングレンズの光源側の面及び対物レンズの光源側の面に回折構造を設けることにより対物レンズで発生するを補正している。カップリングレンズの一方の面のみに回折構造を設けることでカップリングレンズの面偏芯時の波面収差劣化を防いでいる。また、対物レンズ及びカップリングレンズにプラスチック材料を用いることで、集光光学系全体の軽量化、フォーカシング機構或いはカップリングレンズ変移装置の負担の軽減を図っている。図1に実施例1の集光光学系の光路図を示し、図2に球面収差図を示す。

【0278】また、表13に様々な原因に起因して集光光学系で発生した球面収差の変動を、カップリングレンズを光軸に沿って動かすことで補正した結果を示す。この表13からわかるように、実施例2の集光光学系では、レーザ光源の波長変動、温度変化、透明基板厚さ誤差に起因して発生した球面収差を良好に補正することが出来る。さらに、対物レンズの中心厚さ誤差により発生した球面収差変動も良好に補正することが出来る。

## 【0279】(実施例3)

【0280】実施例3は、透明基板厚さ0.1mmと、0.6mmの2種類の光情報記録媒体の記録再生が可能



な集光光学系である。対物レンズの光源側の面に回折構造を設けることにより、透明基板厚さの変化により発生する球面収差を補正している。図5に透明基板厚さ0.1mmの場合の光路図を示し、図6に透明基板厚さ0.6mmの場合の光路図を示す。また、図7の球面収差図からわかるように、この集光光学系では、波長 $\lambda_1 = 405\text{nm}$ 、透明基板厚さ $t_1 = 0.1\text{mm}$ に対してはNA0.85までの全開口がほぼ無収差である。それに對し、図8の球面収差図に示すように、波長 $\lambda_2 = 655\text{nm}$ 、透明基板厚さ $t_2 = 0.6\text{mm}$ に対してはNA0.65までがほぼ無収差になるように補正されている。その際、NA0.65以上の光束はフレア成分とすることで、情報記録面上でスポット径が絞られすぎず、光ピックアップ装置の受光素子での不要信号の検出を防いでいる。また、波長 $\lambda_2$ の光束を対物レンズに対し発散光入射とすることで、透明基板厚さ $t_2 = 0.6\text{mm}$ の光情報記録媒体を記録再生する際のワーキングディスタンスを大きく確保している。

【0281】更に、対物レンズの屈折パワー及びアッペ数に対して、回折構造の回折パワーを適切に設定することにより、 $\lambda_1$ と $\lambda_2$ の各々の領域に対して対物レンズで発生する軸上色収差を補正している。また、対物レンズ及びカップリングレンズにプラスチック材料を用いることで、集光光学系全体の軽量化、フォーカシング機構或いはカップリングレンズ変移装置の負担の軽減を図っている。

\*【0282】表14に様々な原因に起因して集光光学系で発生した球面収差の変動を、カップリングレンズを光軸に沿って動かすことで、補正した結果を示す。この表14からわかるように、実施例3の集光光学系では、レーザ光源の波長変動、温度変化、透明基板厚さ誤差に起因して発生した球面収差を良好に補正することが出来る。

【0283】なお、表14の上段の表が、透明基板厚さの小さい高密度な光情報記録媒体に対し、情報の記録又は再生を行う場合の球面収差の変動の補正結果を示し、表14の下段の表が、透明基板厚さの大きい従来の光情報記録媒体に対し、情報の記録又は再生を行う場合の球面収差の変動の補正結果を示す。後述の表15、16、17、19においても同様である。

【0284】また、2種類の光情報記録媒体の透明基板厚さに対応してカップリングレンズを光軸方向に変移させることで、対物レンズに入射する光束の発散度を変えている。実施例3では、光束を規制する絞りを対物レンズの光源側の面の頂点より光情報記録媒体側に置いている。発散光束が入射する場合に、対物レンズの最も光源側の面の光線通過高さを小さく抑えることができるので、対物レンズの小径化、あるいは収差補正上好ましい。

【0285】

【表12】

\*

(実施例1)

球面収差変動の要因		補正後の波面収差	d0(可変)	d2(可変)
基準状態 ( $\lambda = 405\text{nm}$ , $T = 25^\circ\text{C}$ , $t = 0.100\text{mm}$ )		0.008 $\lambda$	9.300	6.700
LDの波長変動	$\Delta \lambda = +10\text{nm}$	0.008 $\lambda$	9.329	6.671
	$\Delta \lambda = -10\text{nm}$	0.008 $\lambda$	9.273	6.727
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	0.013 $\lambda$	9.167	6.833
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	0.025 $\lambda$	9.436	6.564
透明基板厚誤差	$\Delta t = +0.02\text{mm}$	0.007 $\lambda$	8.998	7.004
	$\Delta t = -0.02\text{mm}$	0.014 $\lambda$	9.614	6.386

【0286】

【表13】

(実施例2)

球面収差変動の要因		補正後の波面収差	d0(可変)	d2(可変)
基準状態 ( $\lambda = 405\text{nm}$ , $T = 25^\circ\text{C}$ , $t = 0.100\text{mm}$ )		0.008 $\lambda$	7.929	5.071
LDの波長変動	$\Delta \lambda = +10\text{nm}$	0.008 $\lambda$	7.861	5.139
	$\Delta \lambda = -10\text{nm}$	0.012 $\lambda$	8.000	5.000
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	0.025 $\lambda$	7.670	5.130
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	0.035 $\lambda$	7.690	5.010
透明基板厚誤差	$\Delta t = +0.02\text{mm}$	0.017 $\lambda$	7.738	5.262
	$\Delta t = -0.02\text{mm}$	0.020 $\lambda$	8.133	4.667

【0287】

【表14】

球面収差変動の要因	補正後の波面収差	d0(可変)	d2(可変)
基準状態 ( $\lambda 1 = 405\text{nm}$ , $T = 25^\circ\text{C}$ , $t = 0.100\text{mm}$ )	0.004 $\lambda 1$	11.340	4.660
LDの波長変動	$\Delta \lambda = +10\text{nm}$	0.008 $\lambda 1$	11.370
	$\Delta \lambda = -10\text{nm}$	0.008 $\lambda 1$	11.316
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	0.011 $\lambda 1$	11.129
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	0.018 $\lambda 1$	11.569
透明基板厚誤差	$\Delta t = +0.02\text{mm}$	0.009 $\lambda 1$	10.889
	$\Delta t = -0.02\text{mm}$	0.011 $\lambda 1$	11.833

球面収差変動の要因	補正後の波面収差	d0(可変)	d2(可変)
基準状態 ( $\lambda 2 = 655\text{nm}$ , $T = 25^\circ\text{C}$ , $t = 0.600\text{mm}$ )	0.003 $\lambda 2$	5.675	10.325
LDの波長変動	$\Delta \lambda = +10\text{nm}$	0.002 $\lambda 2$	5.708
	$\Delta \lambda = -10\text{nm}$	0.004 $\lambda 2$	5.630
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	0.006 $\lambda 2$	5.730
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	0.003 $\lambda 2$	5.611
透明基板厚誤差	$\Delta t = +0.02\text{mm}$	0.004 $\lambda 2$	5.444
	$\Delta t = -0.02\text{mm}$	0.002 $\lambda 2$	5.891

## 【0288】(実施例4)

【0289】実施例4は、透明基板厚さ0.1mmと、0.6mmの2種類の光情報記録媒体の記録再生が可能な集光光学系である。対物レンズにアッペ数の大きい材料を用いることで、回折構造の作用により、 $\lambda 1$ と $\lambda 2$ の各々の領域に対して対物レンズで発生する軸上色収差を補正した際の2次スペクトルを小さく抑えている。

【0290】更に、対物レンズの屈折パワー及びアッペ数に対して、回折構造の回折パワーを適切に設定することにより、 $\lambda 1$ と $\lambda 2$ の各々の領域に対して対物レンズで発生する軸上色収差を補正している。

【0291】図9に透明基板厚さ0.1mmの場合の光路図を示し、図10に透明基板厚さ0.6mmの場合の光路図を示す。また、図11の球面収差図からわかるように、この集光光学系では、波長 $\lambda 1 = 405\text{nm}$ 、透明基板厚さ $t 1 = 0.1\text{mm}$ に対してはNA0.85までの全開口がほぼ無収差である。それに対し、図12の球面収差図に示すように、波長 $\lambda 2 = 655\text{nm}$ 、透明基板厚さ $t 2 = 0.6\text{mm}$ に対してはNA0.65までがほぼ無収差になるように補正されている。

【0292】また、後掲の表15に様々な原因に起因して集光光学系で発生した球面収差の変動をカップリングレンズを光軸に沿って動かすことで補正した結果を示す。この表15からわかるように、実施例4の集光光学系では、レーザ光源の波長変動、温度変化、透明基板厚さ誤差に起因して発生した球面収差を良好に補正することが出来る。さらに、対物レンズの中心厚さ誤差により発生した球面収差変動も良好に補正することが出来る。

【0293】また、2種類の光情報記録媒体の透明基板厚さに対応してカップリングレンズを光軸方向に変移させることで、対物レンズに入射する光束の発散度を変えている。また、カップリングレンズにプラスチック材料を用いることで、集光光学系全体の軽量化、カップリングレンズ変移装置の負担の軽減を図っている。

## 【0294】(実施例5)

【0295】実施例5は、透明基板厚さ0.1mmと、0.6mmの2種類の光情報記録媒体の記録再生が可能

な集光光学系である。対物レンズの光源側の面に回折構造を設けることにより、透明基板厚さの変化により発生する球面収差及び色の球面収差を補正している。

【0296】図13に透明基板厚さ0.1mmの場合の光路図を示し、図14に透明基板厚さ0.6mmの場合の光路図を示す。また、図15の球面収差図からわかるように、この集光光学系では、波長 $\lambda 1 = 405\text{nm}$ 、透明基板厚さ $t 1 = 0.1\text{mm}$ に対してはNA0.85までの全開口がほぼ無収差である。それに対し、図16の球面収差図に示すように、波長 $\lambda 2 = 655\text{nm}$ 、透明基板厚さ $t 2 = 0.6\text{mm}$ に対してはNA0.65までがほぼ無収差になるように補正されている。

【0297】さらに、カップリングレンズの光情報記録媒体側の面に回折構造を設けることで、 $\lambda 1$ と $\lambda 2$ の各々の領域に対して対物レンズで発生する軸上色収差を良好に補正している。本実施例のカップリングレンズは一方の面のみに回折構造を有するので、カップリングレンズの面偏芯時の波面収差の劣化が小さく抑えられている。

【0298】また、表16に様々な原因に起因してこの集光光学系で発生した球面収差の変動を、カップリングレンズを光軸に沿って動かすことで、補正した結果を示す。この表からわかるように、本実施例の集光光学系では、レーザ光源の波長変動、温度変化、透明基板厚さ誤差に起因して発生した球面収差を良好に補正することが出来る。

【0299】また、2種類の光情報記録媒体の透明基板厚さに対応してカップリングレンズを光軸方向に変移させることで、対物レンズに入射する光束の発散度を変えている。また、対物レンズ及びカップリングレンズにプラスチック材料を用いることで、集光光学系全体の軽量化、フォーカシング機構或いはカップリングレンズ変移装置の負担の軽減を図っている。

## 【0300】(実施例6)

【0301】実施例6は、透明基板厚さ0.1mmと、0.6mmの2種類の光情報記録媒体の記録再生が可能な集光光学系である。対物レンズの光源側の面に回折構

造を設けることにより、透明基板厚さの変化により発生する球面収差及び色の球面収差を補正している。

【0302】図17に透明基板厚さ0.1mmの場合の光路図を示し、図18に透明基板厚さ0.6mmの場合の光路図を示す。また、図19の球面収差図からわかるように、この集光光学系では、波長 $\lambda_1 = 405\text{nm}$ 、透明基板厚さ $t_1 = 0.1\text{mm}$ に対しては $\text{NA}0.85$ までの全開口がほぼ無収差である。それに対し、図20の球面収差図に示すように、波長 $\lambda_2 = 655\text{nm}$ 、透明基板厚さ $t_2 = 0.6\text{mm}$ に対しては $\text{NA}0.65$ ま

【0303】さらに、カップリングレンズを1群2枚構成のダブルレットレンズとすることで、 $\lambda_1$ と $\lambda_2$ の各々の領域に対して対物レンズで発生する軸上色収差を良好に補正している。

\*

\*【0304】また、表17に様々な原因に起因してこの集光光学系で発生した球面収差の変動を、カップリングレンズを光軸に沿って動かすことで、補正した結果を示す。この表からわかるように、本実施例の集光光学系では、レーザ光源の波長変動、温度変化、透明基板厚さ誤差に起因して発生した球面収差を良好に補正することが出来る。

【0305】また、2種類の光情報記録媒体の透明基板厚さに対応してカップリングレンズを光軸方向に変移させることで、対物レンズに入射する光束の発散度を変えている。また、対物レンズにプラスチック材料を用いることで、集光光学系全体の軽量化、フォーカシング機構の負担の軽減を図っている。

【0306】

【表15】

(実施例4)		補正後の波面収差	d0(可変)	d2(可変)
球面収差変動の要因				
基準状態 ( $\lambda_1 = 405\text{nm}$ , $T = 25^\circ\text{C}$ , $t = 0.100\text{mm}$ )		0.002 $\lambda_1$	8.721	4.279
LDの波長変動	$\Delta\lambda = +10\text{nm}$	0.007 $\lambda_1$	8.742	4.258
	$\Delta\lambda = -10\text{nm}$	0.007 $\lambda_1$	8.702	4.298
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	0.003 $\lambda_1$	8.783	4.217
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	0.003 $\lambda_1$	8.660	4.340
透明基板厚誤差	$\Delta t = +0.02\text{mm}$	0.009 $\lambda_1$	8.478	4.527
	$\Delta t = -0.02\text{mm}$	0.010 $\lambda_1$	9.000	4.000

球面収差変動の要因		補正後の波面収差	d0(可変)	d2(可変)
基準状態 ( $\lambda_2 = 655\text{nm}$ , $T = 25^\circ\text{C}$ , $t = 0.600\text{mm}$ )		0.003 $\lambda_2$	5.339	7.661
LDの波長変動	$\Delta\lambda = +10\text{nm}$	0.002 $\lambda_2$	5.385	7.615
	$\Delta\lambda = -10\text{nm}$	0.006 $\lambda_2$	5.303	7.697
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	0.001 $\lambda_2$	5.398	7.602
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	0.005 $\lambda_2$	5.291	7.709
透明基板厚誤差	$\Delta t = +0.02\text{mm}$	0.006 $\lambda_2$	5.213	7.787
	$\Delta t = -0.02\text{mm}$	0.002 $\lambda_2$	5.478	7.524

【0307】

30 【表16】

(実施例5)		補正後の波面収差	d0(可変)	d2(可変)
球面収差変動の要因				
基準状態 ( $\lambda_1 = 405\text{nm}$ , $T = 25^\circ\text{C}$ , $t = 0.100\text{mm}$ )		0.004 $\lambda_1$	9.000	4.000
LDの波長変動	$\Delta\lambda = +10\text{nm}$	0.004 $\lambda_1$	8.990	4.010
	$\Delta\lambda = -10\text{nm}$	0.010 $\lambda_1$	9.085	3.935
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	0.017 $\lambda_1$	8.604	4.196
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	0.030 $\lambda_1$	9.205	3.795
透明基板厚誤差	$\Delta t = +0.02\text{mm}$	0.009 $\lambda_1$	8.690	4.310
	$\Delta t = -0.02\text{mm}$	0.014 $\lambda_1$	9.334	3.666

球面収差変動の要因		補正後の波面収差	d0(可変)	d2(可変)
基準状態 ( $\lambda_2 = 655\text{nm}$ , $T = 25^\circ\text{C}$ , $t = 0.600\text{mm}$ )		0.008 $\lambda_2$	4.532	8.468
LDの波長変動	$\Delta\lambda = +10\text{nm}$	0.007 $\lambda_2$	4.547	8.453
	$\Delta\lambda = -10\text{nm}$	0.008 $\lambda_2$	4.515	8.485
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	0.012 $\lambda_2$	4.523	8.477
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	0.008 $\lambda_2$	4.543	8.457
透明基板厚誤差	$\Delta t = +0.02\text{mm}$	0.010 $\lambda_2$	4.417	8.583
	$\Delta t = -0.02\text{mm}$	0.008 $\lambda_2$	4.648	8.352

【0308】

【表17】

(実施例6)

球面収差変動の要因		補正後の波面収差	d0(可変)	d2(可変)
基準状態 ( $\lambda_1 = 405\text{nm}$ , $T = 25^\circ\text{C}$ , $t = 0.100\text{mm}$ )		0.007 $\lambda_1$	6.172	5.058
LDの波長変動	$\Delta \lambda = +10\text{nm}$	0.018 $\lambda_1$	6.175	5.055
	$\Delta \lambda = -10\text{nm}$	0.009 $\lambda_1$	6.185	5.045
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	0.020 $\lambda_1$	5.925	5.305
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	0.051 $\lambda_1$	6.445	5.785
透明基板厚誤差	$\Delta t = +0.02\text{mm}$	0.014 $\lambda_1$	5.834	5.398
	$\Delta t = -0.02\text{mm}$	0.039 $\lambda_1$	6.590	5.640

球面収差変動の要因		補正後の波面収差	d0(可変)	d2(可変)
基準状態 ( $\lambda_2 = 655\text{nm}$ , $T = 25^\circ\text{C}$ , $t = 0.500\text{mm}$ )		0.010 $\lambda_2$	2.684	9.546
LDの波長変動	$\Delta \lambda = +10\text{nm}$	0.007 $\lambda_2$	2.743	9.487
	$\Delta \lambda = -10\text{nm}$	0.008 $\lambda_2$	2.659	9.571
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	0.011 $\lambda_2$	2.694	9.536
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	0.009 $\lambda_2$	2.710	9.520
透明基板厚誤差	$\Delta t = +0.02\text{mm}$	0.009 $\lambda_2$	2.582	9.648
	$\Delta t = -0.02\text{mm}$	0.008 $\lambda_2$	2.821	9.408

## 【0309】(実施例7)

【0310】実施例7は、一方の光束入射面側に透明基板を挟んで2層の記録層を有する光情報記録媒体を記録再生するのに適した集光光学系である。第1の記録層の透明基板厚さは0.1mm、第2の記録層の透明基板厚さは0.2mmである。この透明基板厚さの違いにより発生する球面収差（その成分は主に3次の球面収差）を、カップリングレンズを光軸方向に変移させることで補正している。

【0311】また、対物レンズの光源側の面に回折構造を設けることにより対物レンズで発生する軸上色収差及び色の球面収差を良好に補正しており、さらに、対物レンズ及びカップリングレンズにプラスチック材料を用いることで、集光光学系全体の軽量化、フォーカシング機構或いはカップリングレンズ変移装置の負担の軽減を図っている。図21に透明基板厚さ0.1mmの場合の光路図を示し、図22に透明基板厚さ0.2mmの場合の光路図を示す。また、図23に図21の場合の球面収差図を示し、図24に図22の場合の球面収差図を示す。

## 【0312】(実施例8)

【0313】実施例8では、対物レンズの光源側の面に回折構造を設けることにより対物レンズで発生する軸上色収差及び色の球面収差を良好に補正している。実施例では、対物レンズの軸上色収差を補正過剰にすることで、カップリングレンズで発生する軸上色収差を対物レンズでキャンセルしている。

【0314】また、対物レンズ及びカップリングレンズにプラスチック材料を用いることで、集光光学系全体の軽量化、フォーカシング機構或いはカップリングレンズ変移装置の負担の軽減を図っている。図25に実施例8の集光光学系の光路図を示し、図26に球面収差図を示す。

【0315】また、後掲の表18に様々な原因に起因して集光光学系で発生した球面収差の変動をカップリングレンズを光軸に沿って動かすことで補正した結果を示

す。この表18からわかるように、実施例8の集光光学系では、レーザ光源の波長変動、温度変化、透明基板厚さ誤差に起因して発生した球面収差を良好に補正することが出来る。さらに、実施例8の対物レンズは、中心厚さの微小な誤差により発生する球面収差の成分が主に3次球面収差となるように設計されているので、対物レンズの中心厚さ誤差により発生する球面収差をコリメータを動かすことで良好に補正することが出来る。

## 【0316】(実施例9)

【0317】実施例9は、透明基板厚さ0.1mmと、0.6mmの2種類の光情報記録媒体の記録再生が可能な集光光学系である。対物レンズの光源側の面に回折構造を設けることにより、透明基板厚さの変化により発生する球面収差を補正している。図17に透明基板厚さ0.1mmの場合の光路図を示し、図18に透明基板厚さ0.6mmの場合の光路図を示す。また、図19の球面収差図からわかるように、この集光光学系では、波長 $\lambda_1 = 405\text{nm}$ 、透明基板厚さ $t_1 = 0.1\text{mm}$ に対してはNA0.85までの全開口がほぼ無収差である。それに対し、図20の球面収差図に示すように、波長 $\lambda_2 = 655\text{nm}$ 、透明基板厚さ $t_2 = 0.6\text{mm}$ に対してはNA0.65までがほぼ無収差になるように補正されている。

【0318】図27に透明基板厚さ0.1mmの場合の光路図を示し、図28に透明基板厚さ0.6mmの場合の光路図を示す。また、図29の球面収差図からわかるように、この集光光学系では、波長 $\lambda_1 = 405\text{nm}$ 、透明基板厚さ $t_1 = 0.1\text{mm}$ に対してはNA0.85までの全開口がほぼ無収差である。それに対し、図30の球面収差図に示すように、波長 $\lambda_2 = 655\text{nm}$ 、透明基板厚さ $t_2 = 0.6\text{mm}$ に対してはNA0.65までがほぼ無収差になるように補正されている。

【0319】また、カップリングレンズの光源側の面に回折構造を設けることで、 $\lambda_1$ と $\lambda_2$ の各々の領域に対して対物レンズで発生する軸上色収差をバランス良く補

正している。本実施例のカップリングレンズは一方の面のみに回折構造を有するので、カップリングレンズの面偏芯時の波面収差の劣化が小さく抑えられている。

【0320】また、表19に様々な原因に起因して集光光学系で発生した球面収差の変動をカップリングレンズを光軸に沿って動かすことで補正した結果を示す。この表19からわかるように、実施例9の集光光学系では、レーザ光源の波長変動、温度変化、透明基板厚さ誤差に起因して発生した球面収差を良好に補正することが出来る。

【0321】また、2種類の光情報記録媒体の透明基板厚さに対応してカップリングレンズを光軸方向に変移さ\*

(実施例8)

球面収差変動の要因		補正後の波面収差	d0(可変)	d2(可変)
基準状態 ( $\lambda = 405\text{nm}$ , $T = 25^\circ\text{C}$ , $t = 0.100\text{mm}$ )		$0.005\lambda$	9.300	6.700
LDの波長変動	$\Delta\lambda = +10\text{nm}$	$0.006\lambda$	9.334	6.666
	$\Delta\lambda = -10\text{nm}$	$0.011\lambda$	9.270	6.730
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	$0.023\lambda$	9.174	6.826
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	$0.033\lambda$	9.424	6.576
透明基板厚誤差	$\Delta t = +0.02\text{mm}$	$0.006\lambda$	8.949	7.051
	$\Delta t = -0.02\text{mm}$	$0.012\lambda$	9.662	6.338

【0323】

【表19】

(実施例9)

球面収差変動の要因		補正後の波面収差	d0(可変)	d2(可変)
基準状態 ( $\lambda = 405\text{nm}$ , $T = 25^\circ\text{C}$ , $t = 0.100\text{mm}$ )		$0.004\lambda 1$	9.000	8.000
LDの波長変動	$\Delta\lambda = +10\text{nm}$	$0.003\lambda 1$	8.935	8.065
	$\Delta\lambda = -10\text{nm}$	$0.009\lambda 1$	9.071	7.929
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	$0.008\lambda 1$	8.890	8.110
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	$0.014\lambda 1$	9.122	7.878
透明基板厚誤差	$\Delta t = +0.02\text{mm}$	$0.006\lambda 1$	8.762	8.238
	$\Delta t = -0.02\text{mm}$	$0.009\lambda 1$	9.258	7.744

球面収差変動の要因		補正後の波面収差	d0(可変)	d2(可変)
基準状態 ( $\lambda = 655\text{nm}$ , $T = 25^\circ\text{C}$ , $t = 0.600\text{mm}$ )		$0.004\lambda 2$	5.408	9.592
LDの波長変動	$\Delta\lambda = +10\text{nm}$	$0.004\lambda 2$	5.417	9.583
	$\Delta\lambda = -10\text{nm}$	$0.004\lambda 2$	5.408	9.592
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	$0.005\lambda 2$	5.437	9.563
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	$0.006\lambda 2$	5.390	9.610
透明基板厚誤差	$\Delta t = +0.02\text{mm}$	$0.004\lambda 2$	5.322	9.678
	$\Delta t = -0.02\text{mm}$	$0.004\lambda 2$	5.503	9.497

【0324】次に、実施例10～20について説明するが、その一覧表を表20に示す。なお、以下の実施例10～20の説明文、および実施例10～20のレンズデータ表において、 $NA_{OBJ}$ は対物レンズの像側開口数、 $f_{OBJ}$ は対物レンズの設計基準波長における焦点距離、 $\lambda$ は設計基準波長を表す。

【0325】また、実施例10～20のレンズデータにおいて、回折面係数の基準波長（ブレースド化波長）

\*せることで、対物レンズに入射する光束の発散度を変えている。さらに、本実施例の対物レンズは、中心厚さの微小な誤差により発生する球面収差の成分が主に3次球面収差となるように設計されているので、対物レンズの中心厚さ誤差により発生する球面収差をコリメータを動かすことで良好に補正することが出来る。また、対物レンズ及びカップリングレンズにプラスチック材料を用いることで、集光光学系全体の軽量化、フォーカシング機構或いはカップリングレンズ変移装置の負担の軽減を図っている。

【0322】

【表18】

は、光源の波長 $\lambda$ に一致する。

【0326】また、実施例10～20のレンズデータにおいて、回折面係数は1次回折光が他のいずれの次数の回折光よりも大きい回折光量を有するように決定したが、2次以上の高次の回折光が他のいずれの次数の回折光よりも大きい回折光量を有するようにしてもよい。

【0327】

【表20】

実施例一覧表

実施例	10	11	12	13	14
回折面	第1面	第1面	第1面	第1面	第1面
回折次数 (第1面) (第2面)	1 -	1 -	1 -	1 -	1 -
レンズ材料	プラスチック	プラスチック	プラスチック	プラスチック	プラスチック
$f_{OBJ}$ (mm)	2.667	1.875	1.785	1.785	1.785
$NA_{OBJ}$	0.75	0.80	0.85	0.85	0.85
$\lambda$ (nm)	405	405	655	405	405

$FD/f$	11.5	14.8	41.1	15.7	4.5
$\lambda \cdot f \cdot \sum (n_i / (M_i \cdot P_i^2))$	0.26	0.46	0.23	0.53	0.43
$(X1-X2) \cdot (N-1) / (NA \cdot f)$	0.38	0.40	0.45	0.44	0.43
$b_6 \cdot (h_{max})^4 / (\lambda \cdot f \cdot NA^4)$ (第1面) (第2面)	96 -	1 -	-8 -	-65 -	-31 -34
$  (Ph/Pf) - 2  $ (第1面) (第2面)	0.8 -	2.0 -	2.7 -	2.0 -	0.4 0.0
$\Delta CA / \Delta SA$	-	-	-	-	-

実施例	16	17	18	19	20
回折面	第1面 第2面	第1面	第1面 第2面	第1面	第1面
回折次数 (第1面) (第2面)	1 1	1 -	1 1	1 -	1 -
レンズ材料	ガラス	プラスチック	プラスチック	プラスチック	プラスチック
$f_{OBJ}$ (mm)	1.765	2.273	1.667	2.222	1.765
$NA_{OBJ}$	0.85	0.88	0.90	0.90	0.85
$\lambda$ (nm)	405	405	405	405	405

$FD/f$	5.0	15.0	16.7	16.1	10.5
$\lambda \cdot f \cdot \sum (n_i / (M_i \cdot P_i^2))$	1.20	0.97	1.72	1.27	0.19
$(X1-X2) \cdot (N-1) / (NA \cdot f)$	0.45	0.49	0.48	0.52	0.44
$b_6 \cdot (h_{max})^4 / (\lambda \cdot f \cdot NA^4)$ (第1面) (第2面)	-33 -19	-175 -	-105 -121	-130 -	0 -
$  (Ph/Pf) - 2  $ (第1面) (第2面)	0.0 2.4	2.9 -	6.3 1.6	4.0 -	0.0 -
$\Delta CA / \Delta SA$	-	-	-	-	-0.5

【0328】(実施例10)

【0329】実施例10の対物レンズは、 $NA_{OBJ} = 0.75$ 、 $f_{OBJ} = 2.667$  mm、 $\lambda = 405$  nmの両面非球面の対物レンズである。そのレンズデータを表21に示し、光路図を図35に示し、球面収差及び非点収差を図36に示す。レンズ材料は、400 nm近傍の内部透過率が90%以上であり、飽和吸水率が0.1%以下であるプラスチック材料を用いた。実施例10の対物レンズでは、光源側の非球面上に正のパワーを有する回折構造を形成することで、軸上色収差を補正した。

30 また、回折構造を表す、光路差関数の4次以上の高次項を使用することで、波長が微少量変化したときの、球面収差の変化を小さく抑えた。青紫色半導体レーザーのモードホップによる、対物レンズのフォーカシングが追従できないほどの瞬時的な波長変化量を+1 nmと仮定した場合、実施例10の対物レンズの、モードホップ時の波面収差のデフォーカス成分は、0.001  $\lambda$  rms以下である。

【0330】

【表21】

## 実施例10

NAOBJ=0.75, fobj=2.667,  $\lambda=405\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	
0	絞り	$\infty$			
1	対物レンズ	1.915	2.900	1.56037	55.0
2		-4.456	0.870		
3	透明基板	$\infty$	0.300	1.61950	30.0
4		$\infty$			

## 非球面係数

面No	1	2
K	-6.41010E-01	1.72346E+00
A4	8.00670E-03	1.01811E-01
A6	-9.11060E-05	-7.10669E-02
A8	-3.06660E-04	3.66800E-02
A10	8.14520E-05	-1.22905E-02
A12	-8.17660E-06	1.90782E-03
A14	1.99640E-06	
A16	-2.89380E-07	

## 回折面係数

面No	1
b2	-1.63000E-02
b4	2.05590E-03
b6	-6.63630E-04
b8	-9.17880E-05
b10	2.73080E-05

## 【0331】(実施例11)

【0332】実施例11の対物レンズは、NAOBJ=0.80、fobj=1.875mm、 $\lambda=405\text{nm}$ の両面非球面の対物レンズである。そのレンズデータを表22に示し、光路図を図37に示し、球面収差及び非点収差を図38に示す。レンズ材料は、400nm近傍の内部透過率が90%以上であり、飽和吸水率が0.1%以下であるプラスチック材料を用いた。実施例11の対物レンズでは、光源側の非球面上に正のパワーを有す

る回折構造を形成することで、軸上色収差を補正した。また、回折構造を表す、光路差関数の4次以上の高次項を使用することで、波長が微量変化したときの、球面収差の変化を小さく抑えた。実施例11の対物レンズの、モードホップ時の波面収差のデフォーカス成分は、0.001 $\lambda$  rmsである。

## 【0333】

## 【表22】

30

## 実施例11

NAOBJ=0.80, fobj=1.875,  $\lambda=405\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	
0	絞り	$\infty$			
1	対物レンズ	1.364	2.550	1.56037	55.0
2		-1.748	0.444		
3	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
4		$\infty$			

## 非球面係数

面No	1	2
$\kappa$	-6.79920E-01	-4.04602E+01
A4	1.50590E-02	2.16165E-01
A6	4.29380E-04	-4.71774E-01
A8	-1.35450E-03	5.16381E-01
A10	1.91340E-03	-3.17013E-01
A12	-7.12830E-04	8.06678E-02
A14	1.33660E-04	
A16	1.63880E-05	
A18	-1.20020E-05	
A20	-2.69500E-06	

## 回折面係数

面No	1
b2	-1.80000E+00
b4	3.37080E-05
b6	-1.36900E-03
b8	-5.52560E-04
b10	4.75200E-04
b12	-3.83440E-05
b14	-1.34940E-05
b16	-4.32630E-06

## 【0334】(実施例12)

【0335】実施例12の対物レンズは、NAOBJ=0.85、fobj=1.765mm、 $\lambda=655\text{nm}$ の両面非球面の対物レンズである。そのレンズデータを表23に示し、光路図を図39に示し、球面収差及び非点収差を図40に示す。レンズ材料は、655nm近傍の内部透過率が90%以上であり、飽和吸水率が0.1%以下であるプラスチック材料を用いた。実施例12の対物レンズでは、光源側の非球面上に正のパワーを有する回折構造を形成することで、軸上色収差を補正した。

また、回折構造を表す、光路差関数の4次以上の高次項を使用することで、波長が微量変化したときの、球面収差の変化を小さく抑えた。赤色半導体レーザーのモードホップによる、対物レンズのフォーカシングが追従できないほどの瞬時的な波長変化量を+3nmと仮定した場合、実施例12の対物レンズの、モードホップ時の波面収差のデフォーカス成分は、0.001 $\lambda$  rmsである。

## 【0336】

40 【表23】



## 実施例12

NAOBJ=0.85, fobj=1.765,  $\lambda=655\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	2 $\sigma$
0	絞り				
1	対物レンズ	1.210	2.680	1.50673	56.5
2		-0.872	0.342		
3	透明基板	$\infty$	0.100	1.57752	30.0
4		$\infty$			

## 非球面係数

面No	1	2
K	-6.89310E-01	-1.90308E+01
A4	1.81650E-02	2.93358E-01
A6	-2.65050E-03	-6.33226E-01
A8	4.89910E-03	5.46447E-01
A10	2.90660E-04	-1.85876E-01
A12	-9.65310E-04	-2.52298E-04
A14	-2.29250E-04	
A16	2.29980E-04	
A18	1.01560E-04	
A20	-5.89110E-05	

## 回折面係数

面No	1
b2	-6.89430E-03
b4	-9.83830E-04
b6	4.18320E-05
b8	-7.10440E-05
b10	-3.99760E-05

## 【0337】(実施例13)

【0338】実施例13の対物レンズは、NAOBJ=0.85、fobj=1.765mm、 $\lambda=405\text{nm}$ の両面非球面の対物レンズである。そのレンズデータを表24に示し、光路図を図41に示し、球面収差及び非点収差を図42に示す。レンズ材料は、400nm近傍の内部透過率が90%以上であり、飽和吸水率が0.1%以下であるプラスチック材料を用いた。実施例13の対物レンズでは、光源側の非球面上に正のパワーを有す

る回折構造を形成することで、軸上色収差を補正した。

30 また、回折構造を表す、光路差関数の4次以上の高次項を使用することで、波長が微少量変化したときの、球面収差の変化を小さく抑えた。実施例13の対物レンズの、モードホップ時の波面収差のデフォーカス成分は、0.011 $\lambda\text{rms}$ である。

【0339】

【表24】

## 実施例13

NAOBJ=0.85, fobj=1.765,  $\lambda=405\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	2 $\sigma$
0	絞り				
1	対物レンズ	1.286	2.550	1.56037	56.0
2		-1.352	0.342		
3	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
4		$\infty$			

## 非球面係数

面No	1	2
K	-5.68250E-01	-4.39670E+01
A4	5.48180E-03	3.36428E-01
A6	-3.16510E-03	-8.18253E-01
A8	7.94800E-03	8.46297E-01
A10	-4.20640E-03	-3.01652E-01
A12	4.13280E-04	-5.58799E-02
A14	5.39340E-04	
A16	-1.78600E-04	
A18	6.30010E-06	
A20	-3.70150E-06	

## 回折面係数

面No	1
b2	-1.80000E-02
b4	-4.79270E-03
b6	4.68280E-04
b8	1.97170E-04
b10	-1.79110E-04

## 【0340】(実施例14)

【0341】実施例14の対物レンズは、NAOBJ=0.85、fobj=1.765mm、 $\lambda=405\text{nm}$ の両面非球面の対物レンズである。そのレンズデータを表25に示し、光路図を図43に示し、球面収差及び非点収差を図44に示す。レンズ材料は、400nm近傍の内部透過率が90%以上であり、飽和吸水率が0.1%以下であるプラスチック材料を用いた。実施例13の対物レンズでは、軸上色収差の補正に必要な回折パワーを分散し、隣り合う回折輪帯の光軸に垂直な方向の間隔

を緩和するために、光源側の非球面上および光情報記録媒体側の非球面上に正のパワーを有する回折構造を形成した。また、回折構造を表す、光路差関数の4次以上の高次項を使用することで、波長が微少量変化したときの、球面収差の変化を小さく抑えた。実施例14の対物レンズの、モードホップ時の波面収差のデフォーカス成分は、0.011 $\lambda\text{rms}$ である。

【0342】

【表25】

## 実施例14

NA<sub>OBJ</sub>=0.85, f<sub>OBJ</sub>=1.765, λ=405nm

面No	備考	r(mm)	d(mm)	Nλ	2θ
0	絞り				
1	対物レンズ	1.311	2.600	1.56037	55.0
2		-1.543	0.356		
3	透明基板	∞	0.100	1.61950	30.0
4		∞			

## 非球面係数

面No	1	2
K	-5.70090E-01	-5.47030E+01
A4	4.79700E-03	3.60220E-01
A6	-3.17910E-03	-8.15380E-01
A8	8.20180E-03	8.40600E-01
A10	-3.98350E-03	-3.05780E-01
A12	4.42940E-04	-5.58800E-02
A14	5.27830E-04	
A16	-1.90040E-04	
A18	5.42840E-06	
A20	-2.57410E-07	

## 回折面係数

面No	1	2
b2	-1.50000E-02	-4.80000E-02
b4	-4.27910E-03	-4.56290E-03
b6	9.71400E-04	4.87510E-03
b8	3.79510E-04	
b10	-9.88470E-05	

## 【0343】(実施例15)

【0344】実施例15の対物レンズは、NA<sub>OBJ</sub>=0.85、f<sub>OBJ</sub>=1.765mm、λ=405nmの両面非球面の対物レンズである。そのレンズデータを表26に示し、光路図を図45に示し、球面収差及び非点収差を図46に示す。レンズ材料は、MLaC130(HOYA社製)を用いた。実施例15の対物レンズでは、光源側の非球面上に正のパワーを有する回折構造を

形成することで、軸上色収差を補正した。また、回折構造を表す、光路差関数の4次以上の高次項を使用することで、波長が微量変化したときの、球面収差の変化を小さく抑えた。実施例15の対物レンズの、モードホップ時の波面収差のデフォーカス成分は、0.006λrmsである。

## 【0345】

【表26】

## 実施例15

NAOBJ=0.85, fobj=1.765,  $\lambda=405\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	2 $\sigma$
0	絞り				
1	対物レンズ	1.469	2.580	1.71558	59.3
2		-3.508	0.313		
3	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
4		$\infty$			

## 非球面係数

面No	1	2
K	-4.60410E-01	-4.02877E+02
A4	2.19850E-03	3.61766E-01
A6	-4.66870E-03	-1.22684E+00
A8	6.98400E-03	1.75074E+00
A10	-3.51040E-03	-1.02084E+00
A12	3.47710E-04	-2.52228E-04
A14	3.24050E-04	
A16	-1.11810E-04	

## 回折面係数

面No	1
b2	-1.80000E-02
b4	-4.25450E-03
b6	-4.49120E-05
b8	7.82220E-04
b10	-3.03930E-04

【0346】(実施例16)

【0347】実施例16の対物レンズは、NAOBJ=0.85、fobj=1.765mm、 $\lambda=405\text{nm}$ の両面非球面の対物レンズである。そのレンズデータを表27に示し、光路図を図47に示し、球面収差及び非

点収差を図48に示す。レンズ材料は、MNB F82 (HOYA社製)を用いた。実施例16の対物レンズでは、軸上色収差の補正に必要な回折パワーを分散し、隣り合う回折輪帯の光軸に垂直な方向の間隔を緩和するた

めに、光源側の非球面上および光情報記録媒体側の非球面上に正のパワーを有する回折構造を形成した。また、回折構造を表す、光路差関数の4次以上の高次項を使用することで、波長が微少量変化したときの、球面収差の変化を小さく抑えた。実施例16の対物レンズの、モードホップ時の波面収差のデフォーカス成分は、0.003 $\lambda\text{rms}$ である。

【0348】

【表27】

## 実施例16

NAOBJ=0.85, fobj=1.765,  $\lambda=405\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	2 $\theta$
0	絞り				
1	対物レンズ	1.643	2.550	1.85403	40.7
2		8.646	0.307		
3	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
4		$\infty$			

## 非球面係数

面No	1	2
$\kappa$	-5.92090E-01	0.00000E+00
A4	6.66760E-03	5.26280E-01
A6	2.44820E-03	-2.18900E+00
A8	-8.85650E-04	4.85120E+00
A10	3.95960E-04	-4.15790E+00
A12	2.78400E-04	-7.78810E-05
A14	-1.86060E-04	
A16	-1.72880E-05	
A18	3.67460E-05	
A20	-7.70340E-06	

## 回折面係数

面No	1	2
b2	-2.77440E-02	-2.84340E-02
b4	-2.46430E-03	-9.06730E-02
b6	9.19820E-05	-1.39440E-02
b8	-2.11860E-04	-6.46650E-02
b10	1.33950E-04	-2.49170E-01

## 【0349】(実施例17)

【0350】実施例17の対物レンズは、NAOBJ=0.88、fobj=2.273mm、 $\lambda=405\text{nm}$ の両面非球面の対物レンズである。そのレンズデータを表28に示し、光路図を図49に示し、球面収差及び非点収差を図50に示す。レンズ材料は、400nm近傍の内部透過率が90%以上であり、飽和吸水率が0.1%以下であるプラスチック材料を用いた。実施例17の対物レンズでは、光源側の非球面上に正のパワーを有す

る回折構造を形成することで、軸上色収差を補正した。

30 また、回折構造を表す、光路差関数の4次以上の高次項を使用することで、波長が微量変化したときの、球面収差の変化を小さく抑えた。実施例17の対物レンズの、モードホップ時の波面収差のデフォーカス成分は、0.051 $\lambda$ rmsである。

## 【0351】

## 【表28】

## 実施例17

NAOBJ=0.88, fobj=2.273,  $\lambda=405\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	2nd
0	絞り				
1	対物レンズ	1.597	3.220	1.85403	49.7
2		-2.020	0.459		
3	透明基板	$\infty$	0.050	1.61950	30.0
4		$\infty$			

## 非球面係数

面No	1	2
K	-6.96710E-01	-7.28018E+01
A4	-9.11750E-04	2.27544E-01
A6	3.63810E-03	-2.92191E-01
A8	2.03600E-06	1.87414E-01
A10	3.74390E-05	-4.87689E-02
A12	-8.51220E-06	-1.06557E-05
A14	1.45070E-06	
A16	1.02320E-06	
A18	-2.02090E-07	
A20	1.28450E-09	

## 回折面係数

面No	1
b2	-1.47060E-02
b4	-6.04900E-03
b6	1.25550E-03
b8	7.26750E-05
b10	-8.43540E-05
b12	3.36070E-06
b14	1.55520E-06
b16	-2.24120E-07

## 【0352】(実施例18)

【0353】実施例18の対物レンズは、NAOBJ=0.90、fobj=1.667mm、 $\lambda=405\text{nm}$ の両面非球面の対物レンズである。そのレンズデータを表29に示し、光路図を図51に示し、球面収差及び非点収差を図52に示す。レンズ材料は、400nm近傍の内部透過率が90%以上であり、飽和吸水率が0.1%以下であるプラスチック材料を用いた。実施例18の対物レンズでは、軸上色収差の補正に必要な回折パワーを分散し、隣り合う回折輪帯の光軸に垂直な方向の間隔

を緩和するために、光源側の非球面上および光情報記録媒体側の非球面上に正のパワーを有する回折構造を形成した。また、回折構造を表す、光路差関数の4次以上の高次項を使用することで、波長が微少量変化したときの、球面収差の変化を小さく抑えた。実施例18の対物レンズの、モードホップ時の波面収差のデフォーカス成分は、0.020 $\lambda\text{rms}$ である。

## 【0354】

40 【表29】

## 実施例18

NAOBJ=0.90, fOBJ=1.667,  $\lambda=405\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	2 $\sigma$
0	絞り				
1	対物レンズ	1.237	2.520	1.56037	55.0
2		-1.062	0.320		
3	透明基板	$\infty$	0.050	1.56037	30.0
4		$\infty$			

## 非球面係数

面No	1	2
K	-6.46800E-01	-3.60880E+01
A4	-8.83050E-04	5.89520E-01
A6	1.16500E-02	-1.09310E+00
A8	-3.72480E-03	1.29000E+00
A10	3.03420E-03	-8.19720E-01
A12	-3.35550E-04	-2.20050E-04
A14	-3.22730E-04	
A16	3.12030E-05	
A18	7.11790E-05	
A20	-5.99840E-06	

## 回折面係数

面No	1	2
b2	-1.80000E-02	0.00000E+00
b4	-9.15570E-03	-1.74220E-01
b6	2.54090E-03	-4.84020E-02
b8	9.97970E-04	3.64290E-01
b10	-2.49880E-04	-4.89460E-01
b12	-2.50240E-04	4.30880E-01
b14	3.95110E-05	
b16	4.80190E-05	

【0355】(実施例19)

【0356】実施例19の対物レンズは、NAOBJ=0.90、fOBJ=2.222mm、 $\lambda=405\text{nm}$ の両面非球面の対物レンズである。そのレンズデータを表30に示し、光路図を図53に示し、球面収差及び非点収差を図54に示す。レンズ材料は、400nm近傍の内部透過率が90%以上であり、飽和吸水率が0.1%以下であるプラスチック材料を用いた。実施例19の対物レンズでは、光源側の非球面上に正のパワーを有す

る回折構造を形成することで、軸上色収差を補正した。また、回折構造を表す、光路差関数の4次以上の高次項を使用することで、波長が微量変化したときの、球面収差の変化を小さく抑えた。実施例19の対物レンズの、モードホップ時の波面収差のデフォーカス成分は、0.035 $\lambda_{\text{rms}}$ である。

【0357】

【表30】

## 実施例19

NAOBJ=0.90, fobj=2.222,  $\lambda=405\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	2 $\theta$
0	絞り				
1	対物レンズ	1.562	3.200	1.56037	55.0
2		-1.833	0.430		
3	透明基板	$\infty$	0.050	1.61950	30.0
4		$\infty$			

## 非球面係数

面No	1	2
K	-5.90670E-01	-7.42228E+01
A4	-1.59160E-03	2.49747E-01
A6	2.34430E-03	-3.24661E-01
A8	-1.19450E-04	2.09780E-01
A10	1.37550E-04	-5.47619E-02
A12	-4.66040E-06	-1.06545E-05
A14	-5.25050E-06	
A16	1.12520E-06	
A18	3.27640E-07	
A20	-9.09930E-08	

## 回折面係数

面No	1
b2	-1.40000E-02
b4	-4.80100E-03
b6	5.46750E-04
b8	1.37010E-04
b10	-5.04610E-05
b12	1.87380E-06
b14	1.09100E-07
b16	-1.80980E-07

## 【0358】(実施例20)

【0359】実施例20の対物レンズは、 $\text{NAOBJ} = 0.85$ 、 $\text{fobj} = 1.765\text{mm}$ 、 $\lambda = 405\text{nm}$ の両面非球面の対物レンズである。そのレンズデータを表31に示し、光路図を図55に示し、球面収差及び非点収差を図56に示す。レンズ材料は、400nm近傍の内部透過率が90%以上であり、飽和吸水率が0.1%以下であるプラスチック材料を用いた。実施例20の対物レンズでは、光源側の非球面上に正のパワーを有する回折構造を形成することで、軸上色収差を補正した。このとき、図56の球面収差図にあるように、対物レンズの軸上色収差を補正過剰として設計基準波長(405nm)の球面収差カーブと長波長側(415nm)の球面収差カーブと短波長側(395nm)の球面収差カーブを交差させることで、光源の波長が変化した場合のベストフォーカス位置の移動を小さく抑えた。なお、軸上色収差の変化量 $\Delta CA$ は、光源の波長が長波長側に+10nm変化した場合、図56の球面収差図において、4

30 0.5nmおよび415nmの球面収差カーブの下端の移動幅で示され、移動方向は光源の波長の長波長側への変化により、バックフォーカスが短くなる方向となる。マージナル光線の球面収差の変化量 $\Delta SA$ は、405nmの球面収差カーブをその下端が415nmの球面収差カーブの下端に重なる位置まで平行移動させた際の球面収差カーブの上端と415nmの球面収差カーブの上端との幅により示される。また、実施例20の対物レンズでは、波長が変化した場合の球面収差を補正しないことにより、隣り合う回折輪帯の光軸に垂直な方向の間隔を緩和した結果、波長が変化した場合の球面収差を補正した実施例13の対物レンズに比して、有効径内における回折輪帯の最小間隔を1.7倍とすることができた。実施例20の対物レンズの、モードホップ時の波面収差のデフォーカス成分は、0.001 $\lambda$  rms以下である。

【0360】

【表31】



## 実施例20

NAOBJ=0.85, fOBJ=1.765,  $\lambda=405\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	面No
0	絞り				550
1	対物レンズ	1.335	2.520	1.56037	30.0
2		-1.416	0.351		
3	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	
4		$\infty$			

## 非球面係数

面No	1	2
K	-5.33800E-01	-3.98083E+01
A4	1.31110E-02	3.43726E-01
A6	-3.76070E-03	-8.37765E-01
A8	7.87750E-03	9.23861E-01
A10	-3.94330E-03	-3.62683E-01
A12	4.99270E-04	-5.58799E-02
A14	5.34370E-04	
A16	-1.89530E-04	
A18	2.74060E-06	
A20	3.15440E-07	

## 回折面係数

面No	1
b2	-2.70000E-02

【0361】以上の実施例10～20の各対物レンズにおいて、回折面係数（光路差関数係数）は、回折構造で発生する回折光のうち、1次回折光が最大の回折光量を持つように決定した。

【0362】なお、上述の表または図では、10のべき乗の表現にE（またはe）を用いて、例えば、E-02（ $=10^{-2}$ ）のように表す場合がある。

【0363】次に、本発明による実施の形態としての第1～第4の光ピックアップ装置を図31、図32、図33及び図34によりそれぞれ説明する。

【0364】図31に示すように、第1の光ピックアップ装置は、透明基板が薄い第1の光ディスクの再生用の第1光源である半導体レーザ111と、透明基板が厚い第2の光ディスク再生用の第2光源である半導体レーザ112とを有している。第1の光ディスクとしては、例えば、0.1mmの透明基板を有する高密度な次世代の光ディスクを用いることができ、第2の光ディスクとしては、従来の光ディスク、すなわち、0.6mmの透明基板を有するDVD、DVD-ROM、DVD-RAM、DVD-R、DVD-RW、DVD+RW等の各種DVD、あるいは、1.2mmの透明基板を有するCD、CD-R、CD-RW、CD-Video、CD-ROM等の各種CDを用いることができる。

【0365】また、第1の光源としては、400nm程度の波長の光を発生するGaIn系青紫色半導体レーザや青紫色SHGレーザ等を用いることができ、第2の光源としては、650nm程度の波長の光を発生する赤色半

導体レーザや780nm程度の波長の光を発生する赤外半導体レーザを用いることができる。

【0366】図31の第1の光ピックアップ装置は、所定の像側開口数内で回折限界内となるように、両半導体レーザ111、112からの光束を、第1の光ディスクと第2の光ディスクのそれぞれの情報記録面上に集光させることができる対物レンズ160を有する。対物レンズ160の少なくとも1つの面上には、輪帯状の回折構造が形成されており、第1の光源からの光束を、第1の光ディスクを再生する際に必要な像側開口数NA1内で、透明基板を介して第1の光ディスクの情報記録面上に集光させることができ、第2の光源からの光束を、第2の光ディスクを再生する際に必要な像側開口数NA2内で、透明基板を介して第2の光ディスクの情報記録面上に集光させることができる。第1の光ディスクを再生する際に必要な像側開口数NA1として例えば0.85程度、第2の光ディスクを再生する際に必要な像側開口数NA2として、DVDの場合には0.60程度、CDの場合には0.45程度とすることかできる。

【0367】まず、第1の光ディスクを再生する場合、第1半導体レーザ111からビームを射出し、射出された光束は、両半導体レーザ111、112からの射出光の合成手段であるビームスプリッタ190を透過し、ビームスプリッタ120、コリメータ130、1/4波長板14を透過して円偏光の平行光束となる。この光束は絞り17によって絞られ、対物レンズ160により図の実線のように第1の光ディスク200の透明基板210

を介して情報記録面220に集光される。このとき、対物レンズ160は、像側開口数NA1内で回折限界内となるように、第1半導体レーザ111からの光束を集光させるので、高密度な次世代の光ディスクである第1の光ディスクを再生することができる。

【0368】そして、情報記録面220で情報ビットにより変調されて反射した光束は、再び対物レンズ160、絞り17、1/4波長板14、コリメータ130を透過して、ビームスプリッタ120に入射し、ここで反射してシリンドリカルレンズ180により非点収差が与えられ、光検出器300上へ入射し、その出力信号を用いて、第1の光ディスク200に記録された情報の読み取り信号が得られる。また、光検出器300上でのスポットの形状変化、位置変化による光量変化を検出して、合焦検出やトラック検出を行う。この検出に基づいて2次元アクチュエータ150が第1の半導体レーザ111からの光束を第1の光ディスク200の記録面220上に結像するように対物レンズ160を移動させると共に、半導体レーザ111からの光束を所定のトラックに結像するように対物レンズ160を移動させる。

【0369】第2の光ディスクを再生する場合、第2半導体レーザ112からビームを出射し、出射された光束は、光合成手段であるビームスプリッタ190で反射され、上記第1半導体111からの光束と同様、ビームスプリッタ120、コリメータ130、1/4波長板14、絞り17、対物レンズ160を介して更に第2の光ディスク200の透明基板210を介して図31の破線のように情報記録面220に集光される。このとき、対物レンズ160は、像側開口数NA2内で回折限界内となるように、第2半導体レーザ112からの光束を集光させるので、従来の光ディスクである第2の光ディスクを再生することができる。また、半導体レーザ112からの光束を第2の光ディスクの情報記録面220上に集光させる際に、対物レンズ160の少なくとも1つの面上に形成された回折構造の作用により、像側開口数NA2からNA1の領域を通過する光束をフレア成分とするので、半導体レーザ112からの光束を、NA1で決定される絞り17をすべて通過させても、像側開口数NA2からNA1の領域を通過する光束は情報記録面220上にスポットを結ばない。これにより、NA1とNA2との開口切り替え手段を設ける必要がないのでコスト上有利である。

【0370】そして、情報記録面220で情報ビットにより変調されて反射した光束は、再び対物レンズ160、絞り17、1/4波長板14、コリメータ130、ビームスプリッタ120、シリンドリカルレンズ180を介して、光検出器300上へ入射し、その出力信号を用いて、第2の光ディスク200に記録された情報の読み取り信号が得られる。

【0371】また、第1の光ディスクの場合と同様、光

検出器300上でのスポットの形状変化、位置変化による光量変化を検出して、フォーカス検出やトラック検出を行い、2次元アクチュエータ150により、フォーカシング、トラッキングのために対物レンズ160を移動させる。

【0372】図31の第1の光ピックアップ装置では、温度あるいは温度変化によりレンズ材料の屈折率あるいはレンズ形状が変化した場合、透明基板210の厚さに誤差がある場合、半導体レーザ111及び112の製造誤差によりその発振波長に誤差がある場合、集光光学系を構成するレンズに厚さの誤差がある場合に発生する球面収差をコリメータ130を光軸方向に沿って1次元アクチュエータ151により移動させることで補正している。更に、光軸方向に沿って可動なコリメータ13は図の破線のように光ディスクの透明基板の厚さに応じて対物レンズ160に入射する光束の発散度を変えている。

【0373】図31の第1の光ピックアップ装置では、コリメータ130を相対的にアッベ数の大きい正レンズと相対的にアッベ数の小さい負レンズとを接合したダブルレットレンズとすることで、対物レンズ160で発生する軸上色収差を補正している。このとき、正レンズと負レンズのアッベ数の差とパワーを適切に選択することで、半導体レーザ111及び112のそれぞれの波長領域での軸上色収差補正のバランスをとっている。

【0374】図32に示すように、第2の光ピックアップ装置においては、第1半導体レーザ111は、レーザ/検出器集積ユニット410に光検出器301およびホログラム231とユニット化されている。第2半導体レーザ112は、レーザ/検出器集積ユニット420に光検出器302およびホログラム232とユニット化されている。

【0375】第1の光ディスクを再生する場合、第1半導体レーザ111から出射された光束は、ホログラム231を透過し、光合成手段であるビームスプリッタ190、コリメータ130を透過し平行光束となり、更に絞り17によって絞られ、対物レンズ160により図の実線のように第1の光ディスク200の透明基板210を介して情報記録面220に集光される。

【0376】そして、情報記録面220で情報ビットにより変調されて反射した光束は、再び対物レンズ160、絞り17を介して、コリメータ130、ビームスプリッタ190を透過し、ホログラム231で回折されて光検出器301上へ入射し、その出力信号を用いて第1の光ディスク200に記録された情報の読み取り信号が得られる。また、光検出器301上でのスポットの形状変化、位置変化による光量変化を検出して、フォーカス検出やトラック検出を行い、2次元アクチュエータ150により、フォーカシング、トラッキングのために対物レンズ160を移動させる。

【0377】第2の光ディスクを再生する場合、半導体

レーザ112から出射された光束は、ホログラム232を透過し、光合成手段であるビームスプリッタ190で反射され、コリメータ130を透過して、更に絞り17、対物レンズ160を介して更に第2の光ディスク200の透明基板210を介して図32の破線のように情報記録面220に集光される。

【0378】そして、情報記録面220で情報ビットにより変調されて反射した光束は、再び対物レンズ160、絞り17を介して、コリメータ130を透過し、ビームスプリッタ190で反射され、ホログラム232で

10 回折されて光検出器302上へ入射し、その出力信号を用いて第2の光ディスク200に記録された情報の読み取り信号が得られる。

【0379】また、光検出器302上でのスポットの形状変化、位置変化による光量変化を検出して、フォーカス検出やトラック検出を行い、この検出に基づいて2次元アクチュエータ150により、フォーカシング、トラッキングのために対物レンズ160を移動させる。

【0380】図32の第2の光ピックアップ装置では、集光光学系の各光学面で発生する球面収差をコリメータ20 130を光軸方向に沿って1次元アクチュエータ151により移動させることで補正している。更に、光軸方向に沿って可動なコリメータ130は図の破線のように光ディスクの透明基板の厚さに応じて対物レンズ160に入射する光束の発散度を変えている。

【0381】図32の第2の光ピックアップ装置では、コリメータ130の少なくとも1つの面上に輪帯状の回折構造が形成されており、対物レンズ160で発生する軸上色収差を補正している。このとき、回折構造のパワーと屈折レンズとしての屈折パワーとを適切に選択することで、半導体レーザ111及び112のそれぞれの波長領域での軸上色収差補正のバランスをとっている。

【0382】図33に示す第3の光ピックアップ装置においては、第2の半導体レーザ112から出射された発散光束は、コリメータ130を介さずに対物レンズ160に入射する。これにより、上述の第1及び第2の光ピックアップ装置のように、光ディスクの透明基板の厚さに応じて対物レンズ160に入射する光束の発散度を変える必要がなくなるので、コリメータ130に必要な光軸方向の移動量が小さくてすみ、光ピックアップ装置の小型化に有利である。

【0383】図33に示すように、第3の光ピックアップ装置においては、第1半導体レーザ111は、レーザ/検出器集積ユニット410に光検出器301およびホログラム231とユニット化されている。第2半導体レーザ112は、レーザ/検出器集積ユニット420に光検出器302およびホログラム232とユニット化されている。

【0384】第1の光ディスクを再生する場合、第1半導体レーザ111から出射された光束は、ホログラム2

31を透過し、コリメータ130を透過し平行光束となり、光合成手段であるビームスプリッタ190、を透過した後、更に絞り17によって絞られ、対物レンズ160により図の実線のように第1の光ディスク200の透明基板210を介して情報記録面220に集光される。

【0385】そして、情報記録面220で情報ビットにより変調されて反射した光束は、再び対物レンズ160、絞り17を介して、ビームスプリッタ190、コリメータ130を透過し、ホログラム231で回折されて光検出器301上へ入射し、その出力信号を用いて第1の光ディスク200に記録された情報の読み取り信号が得られる。また、光検出器301上でのスポットの形状変化、位置変化による光量変化を検出して、フォーカス検出やトラック検出を行い、2次元アクチュエータ150により、フォーカシング、トラッキングのために対物レンズ160を移動させる。

【0386】第2の光ディスクを再生する場合、半導体レーザ112から出射された光束は、ホログラム232を透過し、光合成手段であるビームスプリッタ190で反射され、更に絞り17、対物レンズ160を介して更に第2の光ディスク200の透明基板210を介して図32の破線のように情報記録面220に集光される。

【0387】そして、情報記録面220で情報ビットにより変調されて反射した光束は、再び対物レンズ160、絞り17を介して、ビームスプリッタ190で反射され、ホログラム232で回折されて光検出器302上へ入射し、その出力信号を用いて第2の光ディスク200に記録された情報の読み取り信号が得られる。

【0388】また、光検出器302上でのスポットの形状変化、位置変化による光量変化を検出して、フォーカス検出やトラック検出を行い、この検出に基づいて2次元アクチュエータ150により、フォーカシング、トラッキングのために対物レンズ160を移動させる。

【0389】図33の第3の光ピックアップ装置では、集光光学系の各光学面で発生する球面収差をコリメータ130を光軸方向に沿って1次元アクチュエータ151により移動させることで補正している。

【0390】また、図33の第3の光ピックアップ装置では、コリメータ130の少なくとも1つの面上に輪帯状の回折構造が形成されており、対物レンズ160で発生する軸上色収差を補正している。

【0391】図34に示す第4の光ピックアップ装置は、次世代の高密度記録用光の記録及び/または再生に適した光ピックアップ装置である。図34に示す第4の光ピックアップ装置においては、光源としての半導体レーザ111と、コリメータ130と、対物レンズ160とを有している。

【0392】図34に示す第4の光ピックアップ装置においては、コリメータ130を1軸アクチュエータ152によって光軸方向に変移可能とすることで、集光光学

系で発生する球面収差の変動を補正できるようにした。半導体レーザ111は波長400nm程度の光束を射出するGa<sub>0.5</sub>N<sub>0.5</sub>系青紫色半導体レーザである。また、波長400nm程度の光束を射出する光源としては上記のGa<sub>0.5</sub>N<sub>0.5</sub>系半導体青紫色レーザのほかに、SHG青紫色レーザであってもよい。

【0393】また、対物レンズ160の少なくとも一方の光学面上には、光軸に対して略同心円状の回折パターンが設けられている。なお、略同心円状の回折パターンは、対物レンズ160の両面に設けられてもよいし、コリメータ130の少なくとも1つの光学面上に設けられてもよい。対物レンズ160の回折パターンは光軸に対して略同心円状としたが、これ以外の回折パターンが設けられていてもよい。

【0394】半導体レーザ111から出射された発散光束は、ビームスプリッタ120を透過し、コリメータ130によって平行光束に変換された後、1/4波長板14を経て円偏光となり、対物レンズ160によって高密度記録用光ディスクの透明基板210を介して情報記録面220上に形成されるスポットとなる。対物レンズ160は、その周辺に配置されたアクチュエータ150によってフォーカス制御およびトラッキング制御される。情報記録面220で情報ビットにより変調された反射光束は、再び対物レンズ160、1/4波長板14、コリメータ130を透過した後、ビームスプリッタ120によって反射され、シリンドリカルレンズ180を経ることによって非点収差が与えられ、光検出器300に収束する。そして、光検出器300の出力信号を用いて情報記録面220に記録された情報を読み取ることができる。

【0395】本実施の形態において、温度あるいは湿度変化によりレンズ材料の屈折率あるいはレンズ形状が変化した場合、透明基板220の厚さに誤差がある場合、半導体レーザ111の製造誤差によりその発振波長に誤差がある場合、集光光学系を構成するレンズに厚さの誤差がある場合には、情報記録面220上に集光された波面には球面収差（以下、球面収差Aと呼ぶ）が発生する。球面収差Aが検出されると、1軸アクチュエータ151によってコリメータ130を光軸方向に所定量変移させて、対物レンズ160に入射する光束の発散度を変化（すなわち、対物レンズ160の物点位置を変化）させ、球面収差（以下、球面収差Bと呼ぶ）を発生させる。このとき、球面収差Bの符号が球面収差Aとは逆であって、かつその絶対値が略一致するようにコリメータ130を変移させるので、情報記録面220上に集光される波面は球面収差Aと球面収差Bとが相殺補正された状態となる。

【0396】本実施の形態において、対物レンズ160には上述したような略同心円状の回折パターンが光学面上に設けられていることにより、半導体レーザ111か

ら出射された光束は、対物レンズ160を経ることによってほとんど軸上色収差なく光ディスクの情報記録面220上に集光される。

【0397】

【発明の効果】請求項1～37によれば、高開口数及び短波長に対応可能で軽量で安価であり、軸上色収差が良好に補正された光情報記録媒体の記録または再生用の対物レンズを提供できる。

【0398】請求項38～54によれば、レーザ光源の発振波長変化、温度・湿度変化、光情報記録媒体の透明基板の厚みの誤差等起因して光ピックアップ装置の各光学面で発生する球面収差の変動を簡易な構成で効果的に補正できる集光光学系、光ピックアップ装置及び記録装置・再生装置を提供できる。また、レーザ光源のモードホップ現象や高周波重畳起因して対物レンズで発生する軸上色収差を効果的に補正できる。

【0399】請求項55～76によれば、透明基板の厚さの異なる複数の光情報記録媒体に対して情報の記録または再生用の対物レンズを提供できる。

【0400】請求項77～93によれば、短波長レーザ光源と高開口数の対物レンズを備え、透明基板の厚さの異なる複数の光情報記録媒体に対して情報の記録または再生を行える集光光学系、光ピックアップ装置及び記録装置・再生装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1に関する光路図である。

【図2】実施例1に関する球面収差図である。

【図3】実施例2に関する光路図である。

【図4】実施例2に関する球面収差図である。

30 【図5】実施例3に関する光路図（透明基板厚さ0.1mm）である。

【図6】実施例3に関する光路図（透明基板厚さ0.6mm）である。

【図7】実施例3に関する球面収差図（透明基板厚さ0.1mm）である。

【図8】実施例3に関する球面収差図（透明基板厚さ0.6mm）である。

【図9】実施例4に関する光路図（透明基板厚さ0.1mm）である。

40 【図10】実施例4に関する光路図（透明基板厚さ0.6mm）である。

【図11】実施例4に関する球面収差図（透明基板厚さ0.1mm）である。

【図12】実施例4に関する球面収差図（透明基板厚さ0.6mm）である。

【図13】実施例5に関する光路図（透明基板厚さ0.1mm）である。

【図14】実施例5に関する光路図（透明基板厚さ0.6mm）である。

50 【図15】実施例5に関する球面収差図（透明基板厚さ

0.1 mm)である。

【図16】実施例5に関する球面収差図(透明基板厚さ0.6 mm)である。

【図17】実施例6に関する光路図(透明基板厚さ0.1 mm)である。

【図18】実施例6に関する光路図(透明基板厚さ0.6 mm)である。

【図19】実施例6に関する球面収差図(透明基板厚さ0.1 mm)である。

【図20】実施例6に関する球面収差図(透明基板厚さ0.6 mm)である。

【図21】実施例7に関する光路図(透明基板厚さ0.1 mm)である。

【図22】実施例7に関する光路図(透明基板厚さ0.2 mm)である。

【図23】実施例7に関する球面収差図(透明基板厚さ0.1 mm)である。

【図24】実施例7に関する球面収差図(透明基板厚さ0.2 mm)である。

【図25】実施例8に関する光路図である。

【図26】実施例8に関する球面収差図である。

【図27】実施例9に関する光路図(透明基板厚さ0.1 mm)である。

【図28】実施例9に関する光路図(透明基板厚さ0.6 mm)である。

【図29】実施例9に関する球面収差図(透明基板厚さ0.1 mm)である。

【図30】実施例10に関する球面収差図(透明基板厚さ0.6 mm)である。

【図31】本実施の形態による第1の光ピックアップ装置の概略図である。

【図32】本実施の形態による第2の光ピックアップ装置の概略図である。

【図33】本実施の形態による第3の光ピックアップ装置の概略図である。

【図34】本実施の形態による第4の光ピックアップ装置の概略図である。

【図35】実施例10に関する光路図である。

【図36】実施例10に関する球面収差図及び非点収差図である。

【図37】実施例11に関する光路図である。

【図38】実施例11に関する球面収差図及び非点収差

図である。

【図39】実施例12に関する光路図である。

【図40】実施例12に関する球面収差図及び非点収差図である。

【図41】実施例13に関する光路図である。

【図42】実施例13に関する球面収差図及び非点収差図である。

【図43】実施例14に関する光路図である。

【図44】実施例14に関する球面収差図及び非点収差図である。

【図45】実施例15に関する光路図である。

【図46】実施例15に関する球面収差図及び非点収差図である。

【図47】実施例16に関する光路図である。

【図48】実施例16に関する球面収差図及び非点収差図である。

【図49】実施例17に関する光路図である。

【図50】実施例17に関する球面収差図及び非点収差図である。

20 【図51】実施例18に関する光路図である。

【図52】実施例18に関する球面収差図及び非点収差図である。

【図53】実施例19に関する光路図である。

【図54】実施例19に関する球面収差図及び非点収差図である。

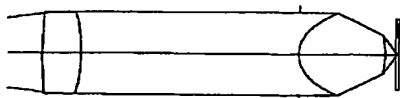
【図55】実施例20に関する光路図である。

【図56】実施例20に関する球面収差図及び非点収差図である。

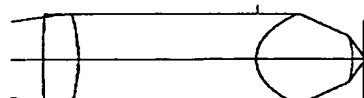
【符号の説明】

30	13, 130	コリメータ
	160	対物レンズ
	150	2次元アクチュエータ
	151	1次元アクチュエータ
	17	絞り
	111	第1の光源
	112	第2の光源
	200	第1, 第2の光ディスク
	300	光検出器
	301, 302	光検出器
40	210	透明基板
	220	光ディスクの情報記録面

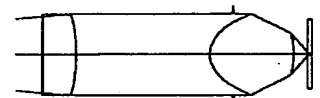
【図1】



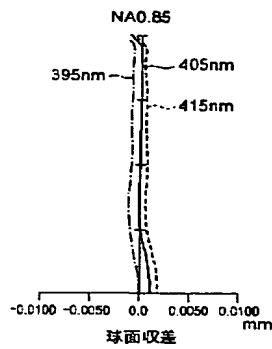
【図3】



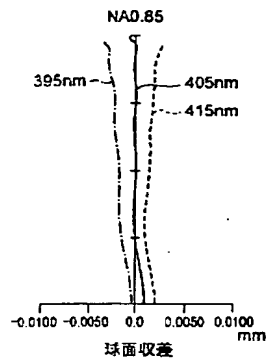
【図5】



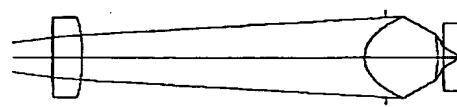
【図2】



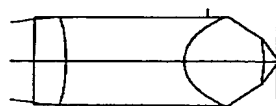
【図4】



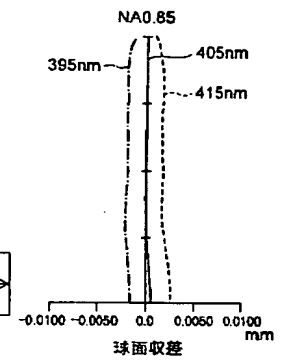
【図6】



【図9】



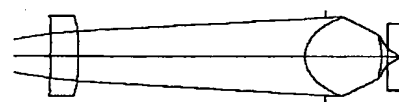
【図11】



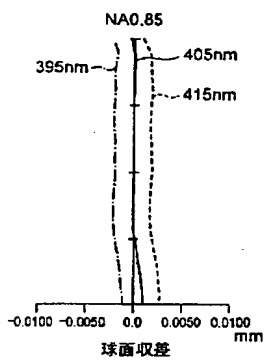
【図10】



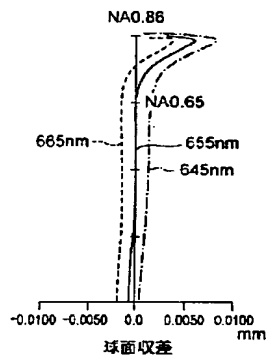
【図14】



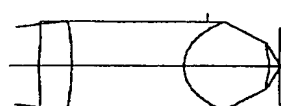
【図7】



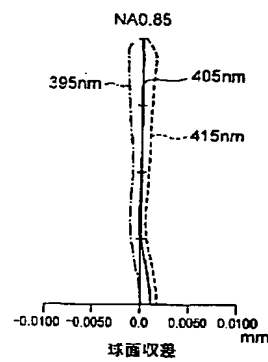
【図8】



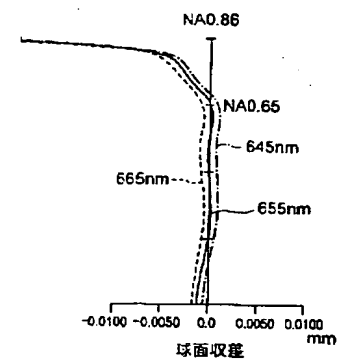
【図13】



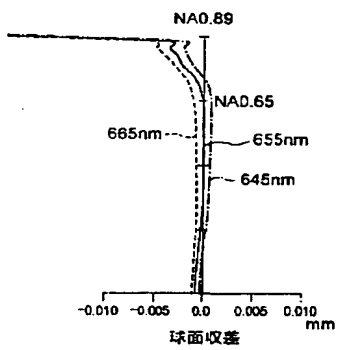
【図15】



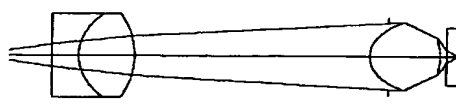
【図16】



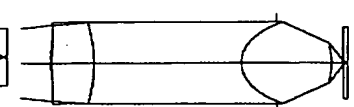
【図12】



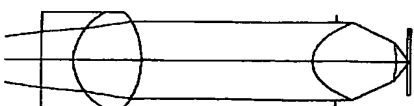
【図18】



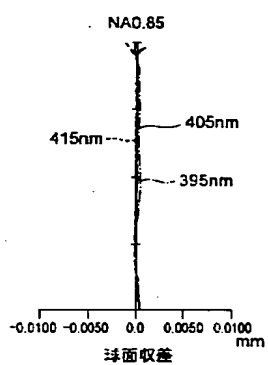
【図21】



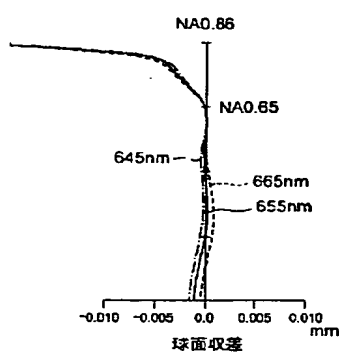
【図17】



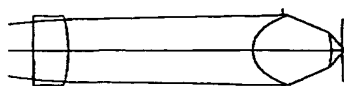
【図19】



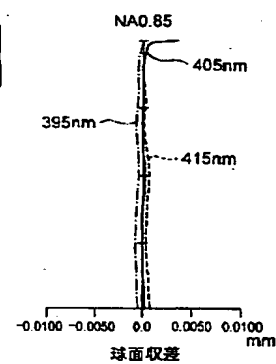
【図20】



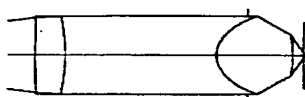
【図22】



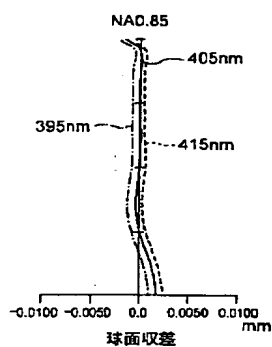
【図23】



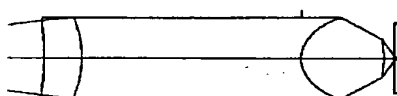
【図27】



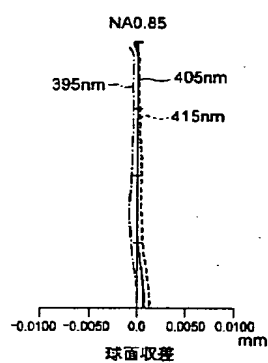
【図24】



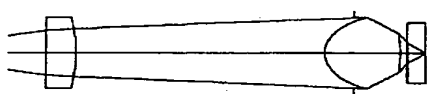
【図25】



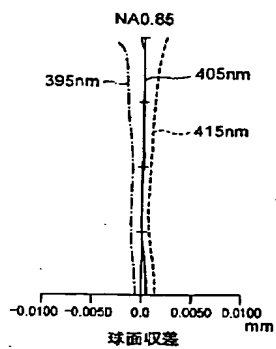
【図26】



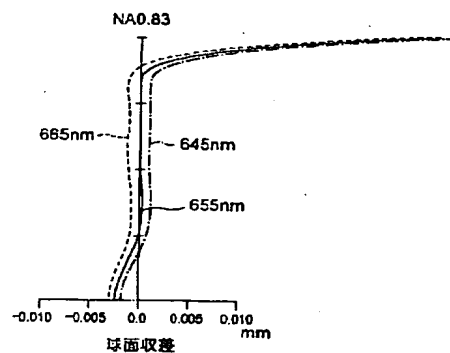
【図28】



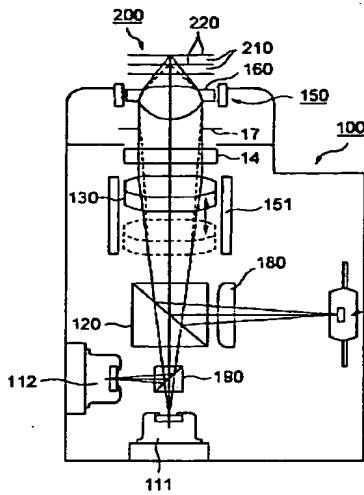
【図29】



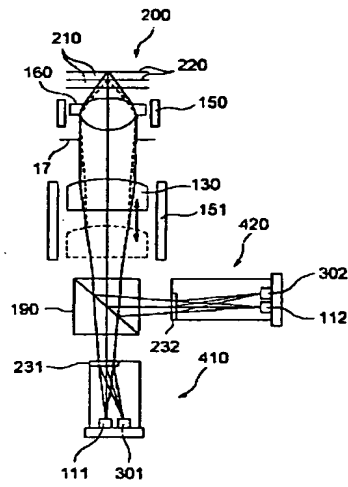
【図30】



【図31】

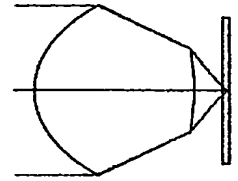


【図32】

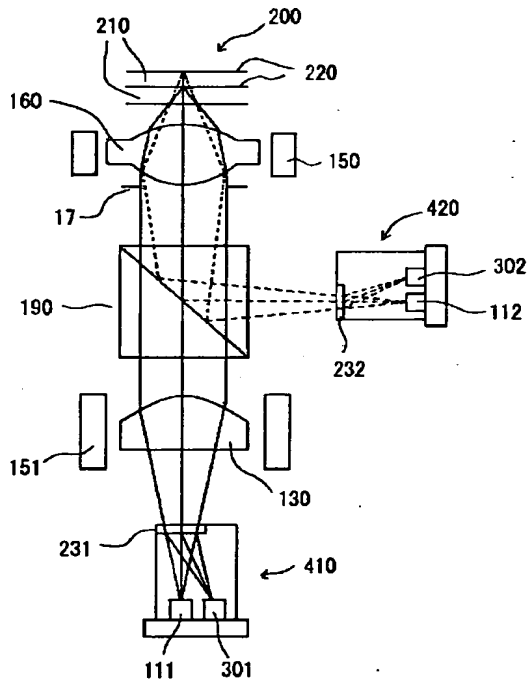


【図37】

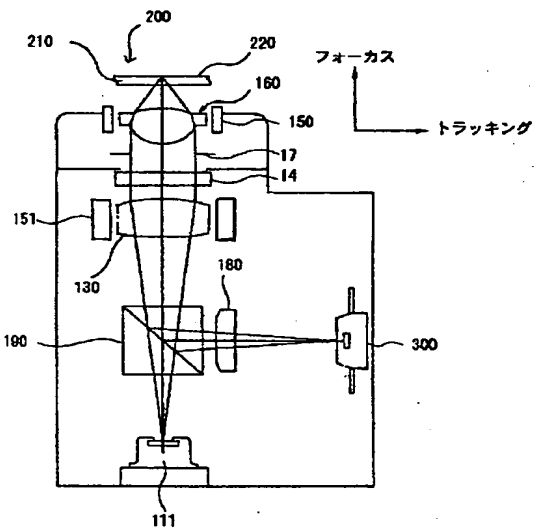
実施例11



【図33】

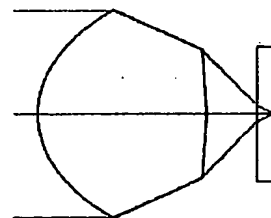


【図34】



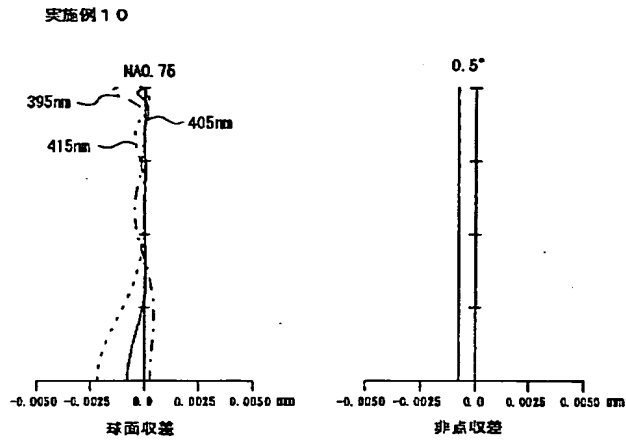
【図35】

実施例10

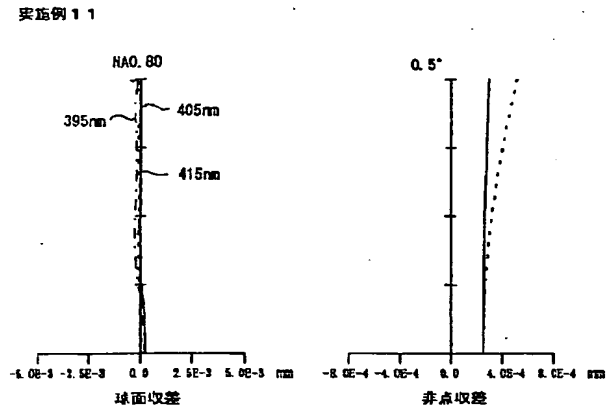




【図36】

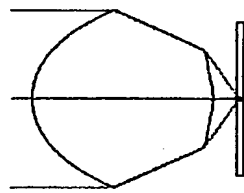


【図38】

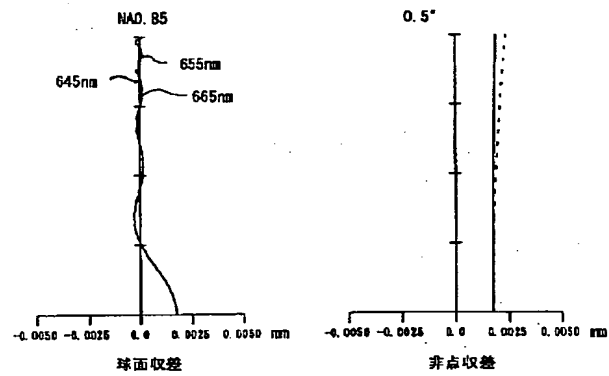


【図39】

実施例12

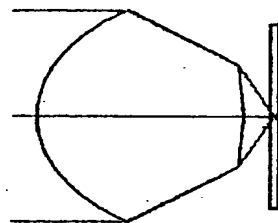


実施例12

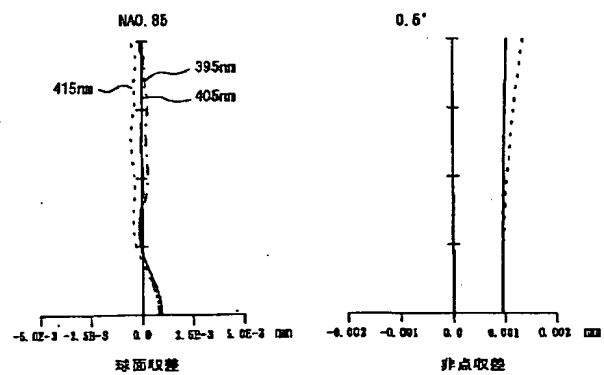


【図41】

実施例13

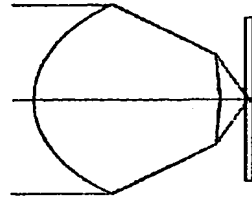


実施例13



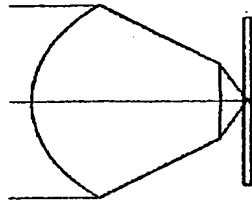
【図43】

実施例14



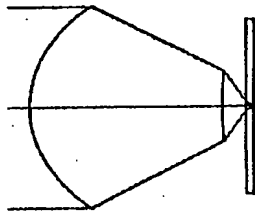
【図45】

実施例15



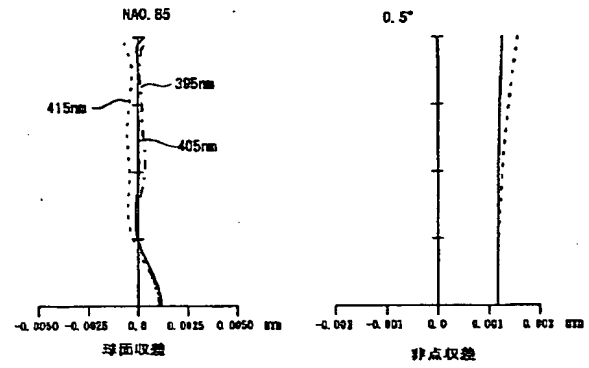
【図47】

実施例16



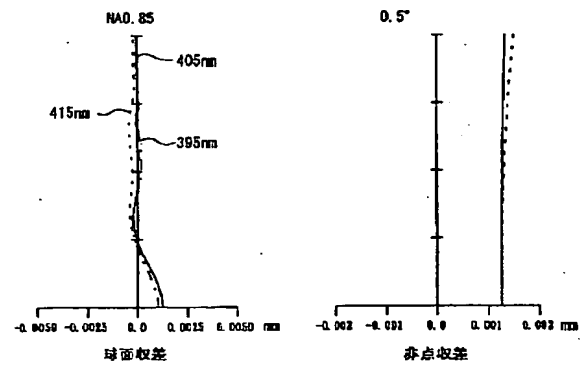
【図44】

実施例14



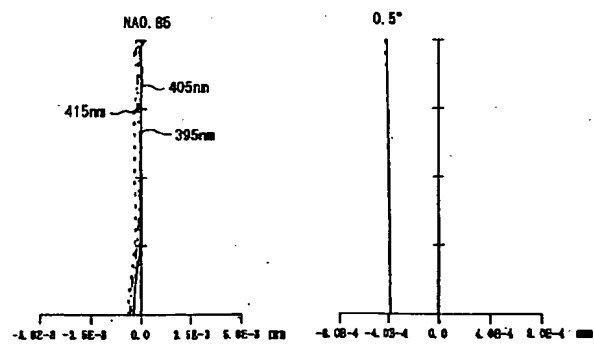
【図46】

実施例15



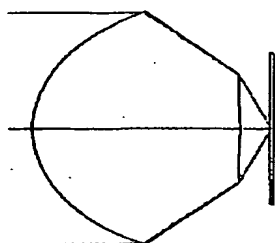
【図48】

実施例16



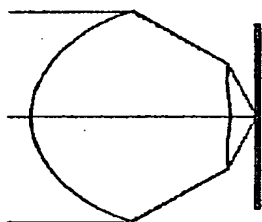
【図49】

実施例17



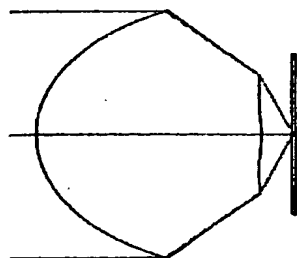
【図51】

実施例18



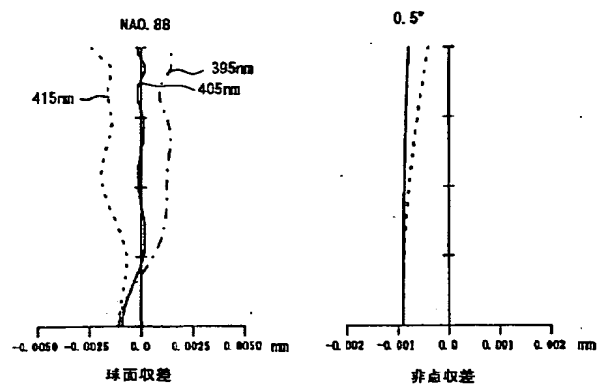
【図53】

実施例19



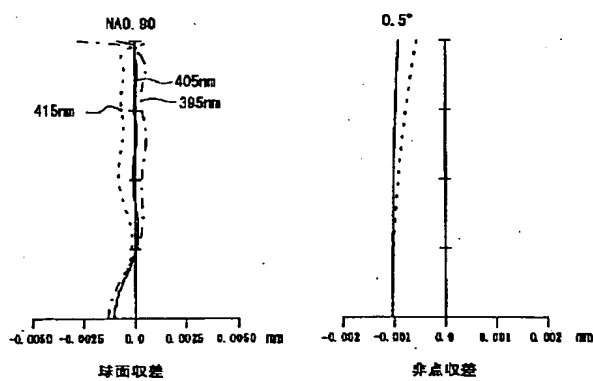
【図50】

実施例17



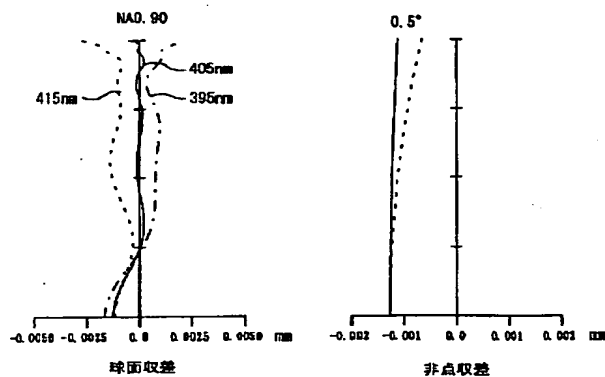
【図52】

実施例18



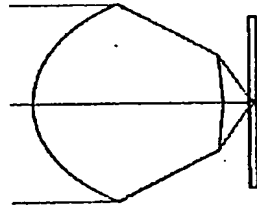
【図54】

実施例19



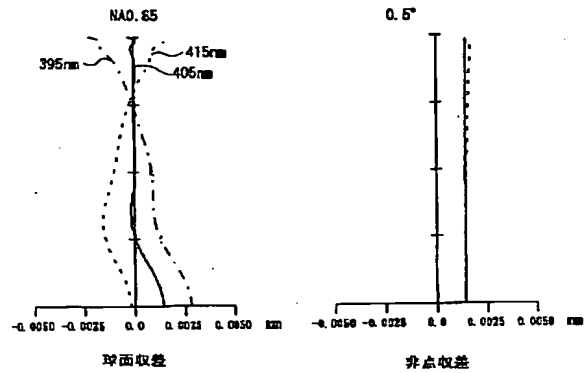
【図55】

## 実施例20



【図56】

## 実施例20



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

G 1 1 B 7/135

識別記号

F I

G 1 1 B 7/135

テームト (参考)

A  
Z

F ターム (参考) 2G065 AB04 AB09 BB06 BB14 BB17  
 DA15 DA20  
 2H049 AA04 AA18 AA43 AA57 AA65  
 2H087 KA13 LA01 LA25 NA01 NA08  
 NA14 PA01 PA17 PA18 PB01  
 PB02 QA02 QA06 QA07 QA14  
 QA22 QA34 QA39 QA41 RA05  
 RA12 RA13 RA42 RA44 RA45  
 RA46 UA01  
 5D119 AA01 AA11 AA22 AA40 AA41  
 BA01 BB01 BB02 BB04 EB02  
 EC03 EC45 EC47 JA02 JA09  
 JA44 JA46 JB01 JB02 JB04